فرانك كلەوز

فیزیای تەنۆلکە

پێشەکییەکی زۆر کورت

لە ئینگلیزییەوە: حوسێن رابی

16

زنجیرە کتێبی
ئۆکسفۆرد

فیزیای تەنۆلکە

پێشەکییەکی زۆر کورت

سەرچاوەکانی ئەم وەرگێڕانە

PARTICLE PHYSICS: A Very Short Introduction

by Frank Close 2004/Newyork



بڵاوکراوەکانی دەزگای ڕۆشنبیری

جەمال عیرفان ٢٠٢١

زنجیرە: (٥٤)

بەڕێوەبەری دەزگا:

سیروان حەمەسەعید حەمەخورشید

Tel: 0533202936 07701549509

email: jamalerfan99@gmail.com

jamal erfan cultural foundation

www. jamalerfan.com

ناونیشان: سلێمانی، شەقامی سالم، بەرامبەر ماکسی مۆڵ

فیزیای تەنۆلکە

پێشەکییەکی زۆر کورت

فرانک کلەوز

لە ئینگلیزییەوە: حوسێن ڕابی

زنجیرە کتێبی ئۆکسفۆرد

١٦

فیزیای تەنۆلکە پێشەکییەکی زۆر کورت

- بابەت: زانستی
- نووسەر: فرانک کلەوز
- وەرگێڕانی لە ئینگلیزییەوە: حوسێن ڕابی
- هەڵەگری: هەرێم عوسمان
- دیزاینی ناوەوە: ئومێد محەمەد
- دیزاینی بەرگ: ئارام عەلی
- نۆرەی چاپ: چاپی یەکەم: ٢٠٢١
- تیراژ: ١٠٠٠ دانە
- نرخ: ٣٠٠٠ دینار
- چاپ: چاپخانەی تاران

پێڕست

پێشەکی...١١

بەشی یەکەم: گەشت بەرەو ناخی گەردوون...١٣

بەشی دووەم: گەورە و بچووک چۆن گەورە و بچووکن؟...................................٢٧

بەشی سێیەم: چۆن تێدەگەین شتەکان پێکهاتەیان هەیە و چۆن دەیاندۆزینەوە........٤١

بەشی چوارەم: ناخی مادە ٥٧

بەشی پێنجەم: تاوەدەرەکان: گەردوونی و دەستکرد.......................................٧٥

بەشی شەشەم: هەستەوەرەکان: کامێراکان و مەشینی کات...............................٩٧

بەشی حەوتەم: هێزەکانی سروشت...١٢٣

بەشی هەشتەم: مادە سەمەرەکان (و دژەمادە)..١٣٩

بەشی نۆیەم: مادە لە کوێوە هاتووە؟..١٥٩

بەشی دەیەم: پرسیارەکان بۆ سەدەی بیستویەک..١٧١

خوێندنەوەی زیاتر...١٨٩

وەرگێڕانی ئەم کتێبە وەکو شەشەمین کتێبی زانستی پێشکەش بەیادی کاوەی ئازیزم

ئەم یادنامە تا ژمارەی ١٦ بەردەوام دەبێت.

پرۆژەی وەرگێڕانی زنجیرە کتێبەکانی زانکۆی ئۆکسفۆرد

زیاتر لە ٢٥ ساڵ بەر لە ئێستا، ساڵی ١٩٩٥، زانکۆی ئۆکسفۆرد، کە دامەزراوەیەکی دیاری دنیای ئەکادیمی و جیهانە بە گشتی، دەستی بە پرۆژەیەکی گرنگ کرد. پرۆژەکە پێکهاتووە لە زنجیرە کتێبێکی کورت و پوخت و زانستی لە تەواوی بوارە جیاوازەکاندا: لە پرسی تیرۆرەوە بۆ کەشوهەوا، ئابووری کۆن و نوێ و پرسی جیهانگیری. لە فەلسەفەی پێش سوکراتەوە بۆ مۆدێرن و پۆست‌مۆدێرن. لە مێژووی کاتەوە بۆ مێژووی جیهان، لە فیزیکی کۆنەوە بۆ کوانتەم و دنیای دیجیتاڵ و ئایندەی مرۆڤ. لە بوونناسیەوە بۆ ئایینناسی و مێژووی ئایینەکان و پرسی ئیسلام و ئەندازیاری و ماتماتیک. لە ئەفسانەناسییەوە بۆ ئەدەبناسی و تیۆر و ڕەخنەی ئەدەبی... پرۆژەکە خۆی بە یەک بوارەوە نەبەستۆتەوە، بەڵکو دەستی بۆ تەواوی بوارە جیاوازەکان بردووە، ئەمەش لە بێ پلانی و هەڕەمەکییەوە نییە، چونکە بێ پلانی لە زانکۆیەکی پلانسازی وەک ئۆکسفۆرد ناوەشێتەوە.

سروشتی ئەم زنجیرە کتێبانە، بریتییە لە زانستیبوون، کورتی و پوختی و چڕی و ئێستاییبوون، کە هەموو کتێبەکان لەلایەن کەسانی پسپۆڕ و شارەزای بوارەکان لەسەر ئاستی جیهان نووسراون. خوێنەر کاتێک بەر هەر بەرهەمێک لەم پرۆژەیە دەکەوێت، دەزانێت چەند هارمۆنی و سادەقووڵ نووسراون. خاڵێکی درەوشاوەتر، بریتییە لە خوێندنەوە و شیکاری ڕووداوەکانی هەنوکە، واتە کتێبەکان تەنیا هۆنینەوەی چیرۆکی ڕابردوو نین، بەڵکو شیکاری دۆخی ئێستای جیهان و مرۆڤ دەکەن.

ئۆکسفۆرد لە ١٩٩٥ تا ٢٠١٨ زیاتر لە ٦٠٠ کتێبی لەم زنجیرەیە بڵاوکردۆتەوە؛ سەرەتای هەر مانگێک کتێبێکی نوێیان بڵاوکردۆتەوە. بەهۆی بایەخی نەبڕاوەی پڕۆژەکەوە، زنجیرە کتێبەکان بۆ زیاتر لە ٢٥ زمانی دنیا وەرگێڕاون، وا ئێستا زمانی کوردیش دەیەوێت ببێتە یەکێک لەو زمانانەی ئەم پڕۆژەیە لە ئامێز دەگرێت. دەستبردن بۆ وەرگێڕان و لە ئەستۆگرتنی ئەم کارە، بەرپرسیارێتییەکی مێژوویی و ئەکادیمی گرنگە، کە دەزگای جەمال عیرفان بە سپۆنسەری (د. تەها ڕەسوڵ) ئەنجامی دەدەن. وابڕیارە هەر سێ مانگ جارێک ١٠ بۆ ١٥ کتێب لە زمانی یەکەمەوە لە ڕێگەی وەرگێڕی شارەزاوە بڵاوبکاتەوە. ئەمە پڕۆژەیە و پڕۆژەش بە دڵنیاییەوە قۆناخێکی مێژوویی لە بزاڤی ڕۆشنبیری و کتێبخانەی کوردیدا بۆ خۆی دروستدەکات، بەهیواین ببێتە داینەمۆی دروستکردنی نەوەیەکی نوێی بەرپرسیار و هۆشیار.

سەرپەرشتیاری پڕۆژە
هەرێم عوسمان

"ئێمە گەیشتووین بە خاڵێک کە جیاکردنەوەی هەقیقەتی زانستیی ڕاستیی، لە زانستی خەیاڵی قورسە. بەڵام سەدەیەک لەوەوپێش هەموو ئەو شتانەی لە ئیمڕۆدا بە ئاسایی دەیبینین لەودیوی تەسەوری والس(H. G. Wells)دا بوو. سەد ساڵی تر لە کتێبەکانی زانستدا شتگەلێک دەبینی، کە هێشتا خەونیشی پێوە نەبینراوە.

پەنجا ساڵ لەوەوپێش کتێبێکم دەخوێندەوە، کە سەبارەت بە شتە سەیرو سەمەرەکانی ئەتۆم و ئەو تەنۆلکە سەمەرانە بوو کە لەناو تیشکی گەردووندان. منیش ئەمڕۆ سەبارەت بەوانە بۆ تۆ دەنووسم. لەوانەیە نیوسەدەی تر تۆ ئەم چیرۆکە نوێ بکەیتەوە. سەرکەوتوو بیت."

پێشەکییە زۆر کورتەکان ڕێگەیەکی خێراو خۆشە بەرەو بابەتێکی نوێ بۆ هەرکەسێک کە بیەوێ سەبارەت بەوان بخوێنێتەوە. لەلایەن کەسانی شارەزاوە نووسراون و بە زیاتر لە ٢٥ زمان لە هەموو جیهاندا بڵاوکراونەتەوە. زنجیرەکە لە ساڵی ١٩٩٥وە دەستی پێکرد و ئیستا ناونیشانگەلێکی فراوان لە مێژوو، فەلسەفە، ئایین، زانست و زانستی مرۆیی لەخۆ دەگرێت. کتێبخانەی پێشەکییە زۆر کورتەکان ئێستا هەڵگری زیاتر لە ٢٠٠ بەرگ کتێبە- پێشەکییەکی زۆر کورت بۆ هەر شتێک، لە میسری کۆن و فەلسەفەی هندییەوە، تاوەکو هونەری، وێنایەکی و گەردوونناسی. بەردەوام دەبێت تاوەکو کتێبخانەکە دەگات بە نزیکەی ٣٠٠ بەرگ.

پێشەکی

ئێمە لە ئەتۆم پێکهاتووین. بە هەر هەناسەیەک یەک میلیۆن ملیارد ملیارد ئەتۆمی ئۆکسیجن هەڵدەمژی، کە هەندێک ئایدیا سەبارەت بە بچووکییەکەی دەخاتە بەردەستت. هەموو ئەوانە، لەگەڵ ئەتۆمەکانی کاربۆنی پێستت و لەڕاستیدا هەرشتێک لەسەر زەوی هەیە، لە ٥ ملیارد ساڵ لەوەو پێش لە ئەستێرەیەکدا بەرهەم هات. بۆیە تۆ لەو مادانە دروستبووی کە هەمان تەمەنی زەوییان هەیە و هاوتەمەنی یەک لەسەر سێی تەمەنی گەردوونن، هەرچەند بۆ یەکەمجارە ئەو ئەتۆمانە پێکەوە کۆدەبنەوە و دەبن بە تۆ.

لەتاودەرەکاندا، کە زۆرجار چەندین مایل درێژییەکەیانە، دەکرێ پارچەکانی ئەتۆم، واتە تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن و پرۆتۆن، یان تەنانەت پارچە سەیروسەمەرەکانی دژەمادە تاو بدرێن و بەیەکتردا بکێشرێن. بەم کارە، لە کاتێکی کورتدا لەناوچەیەکی بچووکی فەزادا چڕبوونەوەیەکی توندی وزە دروست دەبێت، کە دووپاتبوونەوەی سروشتی گەردوونە لەکەرتێکی چرکەدا دوای بیگبانگ. هەربۆیە ئێمە خەریکین سەبارەت بەخۆمان فێر دەبین.

دۆزینەوەی ئەتۆم لە ١٠٠ ساڵ لەوەوپێش تاڕادەیەک سادە بوو: ئەتۆمەکان لەناو مادەدا لەهەموو شوێنێک هەن و نهێنییەکانی بە ئامێرێک لەسەر مێزێک دەکرێ لێی دەربهێنرێت. پشکنینی دەرکەوتنی مادە لە خێلقەتەوە تەنگەژەیەکی ترە. هیچ ئامێرێکی بیگبانگ لە کاتالۆگی ئامێرە زانستییەکاندا نییە، تاوەکو بیکڕین. پارچە سەرەکییەکان کە گورزەکانی تەنۆلکە دروست دەکەن و گەیاندنی خێراییەکەیان بەنزیکی خێرایی ڕووناکی و بەیەکدا کێشانیان و لەدوایدا تۆمارکردنی

ئەنجامەکـان هەمـووی بەناچـاری لەلایەن تیمەکـانی پسـپۆرەوە دەکرێن.

ئەوەی کە دەکرێ ئەم کارە بکەین مانای ئەوەیە لە لوتکەی یەک سـەدە دۆزیـنەوەو پێشـکەوتنی تەکنەلۆژیـا دایـن. ئەمە هەوڵێکـی قـورس و گـران و پڕتێچـووە، بەڵام تەنهـا ڕێگەیەکە دەیـزانین و دەکـرێ بـۆ وەڵامـدانەوە بەم پرسـیارە قـووڵانە بەکاربێـت. لەمـاوەی ئەم کـارەدا، ئـامێر و داهێنـانی چاوەڕواننەکراو دروستکراون. ئێستا لە وێنەگریی پزیشکیدا لە هەستەوەری ئاڵۆزی دژەمادە سوود دەبینرێت؛ سیستەمەکانی کۆکردنەوەی داتا لە سێرن(CERN) (ڕێکخراوی ئەوروپی بۆ توێژینەوەی ناوەکی) بوو بەهۆی داهێنانی تۆڕی جیهانی وێب (World Wide Web)- ئەمانە تەنها هەندێک بەرهەمی لاوەکی فیزیای تەنۆلکەی وزە بەرزەکانە.

بەکارهێنـانی تەکنەلۆژیـا و دۆزینەوەکـانی فیزیـای تەنـۆلکە زۆرە، بەڵام ئەم بـوارە ئامـانجی پێشخسـتنی تەکنەلۆژیـا نیـیە. پاڵنەری پێشخستنەکەی کونجکۆڵییە، حەزە بـۆ زانینـی ئەوەی ئێمە لە چی پێکهاتووین و لە کوێوە هاتوون و بۆچی یاساکانی فەرمـانڕەوا لەسـەر گەردوون بەڕادەیەک ورد و هاوسـەنگ و ڕێکوپێکن کە ئێمە پەرەمان سەندووە.

لەم پێشـەکییە زۆر کـورتەدا هیـوادارم بتـوانم هەسـتێکتان سـەبارەت بەوەی دۆزیومـانەتەوە و هەنـدێک لەو پرسـیارە سـەرەکییانەی کە لەسـەرەتای سـەدەی بیسـتویەک لەگەڵـی بەرەوڕووین لەلا دروست بکەم.

بەشی یەکەم
گەشت بەرەو ناخی گەردوون

ناساندنی گشتی تەنۆلکەکان، مادە و گەردوون بەگەورەیی

مادە

یۆنانییە کۆنەکان بڕوایان وابوو کە هەموو شتێک لە توخمە سەرەتاییەکان دروستبووە. ئایدیاکە لە بنچینەدا ڕاست بوو، ئەوەی هەڵە بوو وردەکاریی بوو. "خاک، هەوا، ئاگر و ئاو"ەکەیان لەو شتە دروستبووە کە ئێستا ئێمە بە توخمە کیمیاییەکان دەیانناسین. ئاوی پەتی لە دووان دروستبووە: هایدرۆجین و ئۆکسیجین. بەشی هەرە زۆری هەوا لە نیترۆجین و ئۆکسیجین لەگەڵ تۆزێک کاربۆن و ئارگۆن پێکهاتووە. خۆڵی تویێ زەویی هەڵگری زۆرترینی ۹۰ توخمە سروشتییەکانی ئێستایە، پێش هەمووان ئۆکسیجین و سیلیکۆن و ئاسنی تێکەڵ بوو لەگەڵ کاربۆن، فۆسفۆر و ژمارەیەکی تر کە تۆ لەوانەیە هەرگیز ناویشت نەبیستبێت، وەکو روسینیۆم(ruthenium)، هۆلمیوم(holmium) و رۆدیۆم(rhodium).

فراوانی توخمەکان بە بەرفراوانی دەگۆڕێن و ڕێسایەکی بەنزیکەییان هەیە، ئەوانەی بیری لێ دەنەکەوە لەناو

باوترینەکاندان، لە کاتێکدا ئەوانەی کە قەت ناوت نەبیستووە دەگمەنترینەکانن. بەم شێوە ئۆکسیجین براوە دەبێت: بەهەر هەناسەدانێک یەک میلیۆن ملیارد ملیارد ئەتۆمی هەڵدەمژی؛ بەم شێوە ئەگەر ٥ ملیارد مرۆڤ لەسەر زەوی هەبن و کۆی بکەیتەوە لەگەڵ بێ شومار ئاژەڵی تردا، سەرو ئەتۆمی ئۆکسیجنیان بدەیتێ هێشتا ژمارەیەکی زۆر ئەتۆمی ئۆکسیجینیش بۆ کاری تریش لەبەردەست دەبێت. لەکاتی هەناسەدانەوە، ئەم ئەتۆمانە لەگەڵ کاربۆندا کە مۆلکیولی دوانە ئۆکسیدی کاربۆن دروست دەکەن دەدیتە دەرەوە، کە سوتەمەنین بۆ درەخت و ڕووەکەکان. ژمارەیان یەکجار زۆرە و ناوی کاربۆن و ئۆکسیجین لەسەر زاری هەموو کەسێک هەیە. لەبەرامبەر ئەمانەدا ئاستاتین(astatine) و فرانسیۆم(francium) هەن. تەنانەت ئەگەر ناوشیانت بیستبێت، زۆر دوورە هیچ بەرکەوتنێکت لەگەڵیاندا هەبووبێت، چونکە دەخەملێنرێت کەمتر لە ٣٠ گرام لەم ئاستاتینە لە توێکڵی زەویدا هەبێت، سەبارەت بە فرانسیوم تەنانەت دەگوترێ لە هەر ساتێکدا ٢٠ ئەتۆم هەیە.

ئەتۆم بچووکترین پارچەی توخمەکەیە، کە دەکرێ هەبێت و هێشتا وەکو توخم بناسرێت. بەنزیکەیی هەموو ئەم توخمانە بەو ئۆکسیجنەی کە هەڵیدەمژی و بەو کاربۆنەی لە پێستتدایە ٥ ملیارد ساڵ لەوەو پێش لە ئەستێرەکاندا دروستبوون، بەنزیکەیی ئەو کاتەی بۆ یەکەمجار زەوی دروستبوو. هایدرۆجین و هیلیۆم تەنانەت کۆنترن، زۆرترینی هایدرۆجینەکان تۆزێک دوای بیگبانگ دروستبوون کە سووتەمەنی پێویستیان بۆ ئەستێرەکان بەرهەم هێنا بۆ ئەوەی توخمەکانی تر خەڵق بکەن.دووبارە بیهێنە پێشچاوی خۆت لەگەڵ هەناسەداندا میلیۆن ملیارد ملیارد ئەتۆم دەچێتە ناو سییەکانت. ئەمە هەندێک ئایدیا دەخاتە بەردەستت کە

ئەتۆمەكـان چەنـد بچـووكن. ڕێگەیەكـی تـر ئەوەیە كە سـەیری خاڵی دوای ئەم ڕستە بكەیت. ئەو تۆزە حیبرە هەڵگری نزیكەی ١٠٠ ملیـارد ئەتـۆمی كـاربۆنە. تـۆ بـۆ ئەوەی یەكێـك لەوانە بەچاوی ڕووت ببینیت، پێویستە خاڵەكە بە پانتـایی ١٠٠ مەتـر گەورە بكەیتەوە. سەد ساڵ لەوەو پێش وایاندەزانی ئەتۆمەكان تەنـــی وردی نەســـمێنن، لەوانەیە وەكـــو نمـــوونەیەكی وردی تۆپەكانی بیلیارد. ئێستا ئێمە دەزانین هەر ئەتۆمێك ڕێسـەیەكی ئاڵۆزی نـاوەوەیی هەیە. هەموویـان لە ناوەندەكەیاندا نـاوكێكی چـــڕ و گوشـــراو هەیە، كە بەشـــێك لە بارســـتایی ئەتـــۆمەكە هەڵـــدەگرێت و هەڵگـــری بـــارگەی كارەبـــایی پـــۆزەتیڤە. لەناوچەكـانی دەرەوەی ئەتـۆم تەنـۆلكەی كەم كێشـی بچـووك هەن كە ناسـراون بە ئەلیكترۆن. ئەلیكتـرۆن بـارگەی نێگەتیڤی هەیە، ئەوەی ئەلكتـرۆنە نێگەتیڤـانە لە دەوری نـاوكی بارگـاوی پۆزتیـڤ ڕادەگرێت، ڕاكێشـانی دووبەدووە. لەهەمـوو باسـەكە جارێكی تر ڕامێنە.

پێشـتر وتـم بـۆ ئەوەی ئەتۆمێك بەچـاوی ڕووت ببینرێت پێویستە خاڵێك بەڕادەی ١٠٠ مەتر گەورە بكرێتەوە. هەرچەن زۆر گەورەیە، بەڵام هێشتا دەكرێ هەر تەسـەور بكرێت. بەڵام بـۆ بینینـی نـاوكی ئەتـۆم پێویسـتە خـاڵەكە ١٠٠٠٠ كیلـۆمەتر گەورە بكـــرێتەوە. گەورەتـــر لە ئەم جەمســـەر بـــۆ ئەو جەمســـەرەكەی تـــری ســـەر زەوی. لەنێـوانی نـاوەكی چـڕی ناونـدی، واتە شـوێنی گردوخـولی ئەلیكترۆنەكـان، ئەتۆمەكـان بەگشـــتی بەتـــاڵن. نێـــوان نـــاوكە چەپێـــراوە ناوەنـــدییەكەو ئەلیكتـرۆنە دوورەكـان، ئەتۆمەكـان بەڕادەیەكـی زۆر بەتـاڵن. ئەمە ئەو شتەیە زۆربەی كتێبەكان جەختی لەسـەر دەكەنەوە و تـا ئەو جـێگەی پێوەنـدی بە پێكهـاتەی ئەتـۆمەوە هەیە ڕاسـتە، بەڵام ئەمە تەنهـــا نیـــوەی چیـــرۆكەكەیە. ئەو فەزایە پـــڕە لە بوارەكـانی هێزەكـانی كارەبـا و موگناتیسـی، هێندە بەهێز هەن

ئەگەر تۆ بتەوێ بچیتە ناو ئەتۆمەکەوە دەتوەستێنن. تەنانەت ئەگەر ئەتۆم وادابنرێت بەتاڵ بێت، ئەوان هەڵگری ئەو هێزانەن کە مادە پێکەوە ڕادەگرن، کاتێک تۆ ئەمە دەخوێنیتەوە، بەهۆی ئەم هێزانەوە پانتاییەک لە ئەتۆمت خستووەتە سەر ئەتۆمەکانی کورسییەکەت. هەرچەند ئەم هێزە کارەبایی و موگناتیسیانە بەهێزن، بەڵام بە بەراورد بەو هێزە بەتینانەی کە لەناو ناوکی ئەتۆمدا کاردەکەن زۆر لاوازن. بە تێکدانی کاریگەریی ئەم هێزە بەتینانە دەکرێ توانای ناوکی بەرەڵا بکەیت؛ بە پشێوی دروستکردن لە هێزەکانی کارەبایی و موگناتیسی کاریگەریی ناوەندەکی زیاترت لەسەر کیمیا و بایوکیمیای ژیان دەست دەکەوێت. کاریگەرییە ئاشناکانی ڕۆژانە بەهۆی ئەو ئەلیکترۆنانەوەن کە لە دەرەوەی تویێ ئەتۆمەکان و دوور لە ناوک هەن. ئەلیکترۆنەکانی دراوسێ لەوانەیە شوێنگۆڕکێ بکەن و بەم ڕێگە یارمەتی پەیوەندی دروستکردن لە نێوان ئەتۆمەکان بدەن و مۆلکیولێک دروست بکەن. جووڵەی ئەم ئەلیکترۆنانە دەگات بە کیمیا و بایۆلۆژی و ژیان. ئەم کتێبە سەبارەت بەو بابەتانە نییە کە باسی ڕەوشتی بەکۆمەڵی ژمارەیەک ئەتۆم دەکات. بەڵکو ئێمە دەمانەوێ سەفەر بکەین بۆ ناو ئەتۆمەکان و تێبگەین لەو ناوەدا چ باسە.

لەناو ئەتۆمدا

وادیارە ئەلیکترۆن بەڕاستی بنچینەیی بێت؛ ئەگەر ڕێسەی ناوەوەشی هەبێت هێشتا نەماندۆزیوەتەوە. بەهەرحاڵ ناوکی ناوەندی لەزیاتر لە تەنۆلکەیەک دروستبووە کە ناسراون بە پرۆتۆن و نیوترۆن.پرۆتۆن بارگەکەی پۆزەتیڤە و پرۆتۆنەکان هەموو بارگە پۆزیتیڤەکەی ناوک بەرهەم دەهێنن. هەرچی پرۆتۆنی زیاتر لەناو ناوکدا هەبێت بارگەکەی گەورەترە و لەئەنجامدا ئەلیکترۆنی زیاتر دەکرێ، وەکو سەتەلایت لەدەوری

بن بۆ ئەوەی ئەتۆمێک دروست ببێت، کە لەودا بارگە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەکان هاوتایی دژبەیەک ڕادەگرن و ئەتۆم بەگشتی دەبێت بەبێ بارگە. هەرچەند هێزە کارەباییە بەهێزەکان بە قوولی لەناو ئەتۆمەکانی جەستەی ئێمەدا کاردەکەن، نە ئاگاداریانین و نەخۆشمان بە شێوەی کارەبایی بارگاوین. ئەتۆمی سادەترین توخم، واتە هایدرۆجین، کە بریتییە لە پرۆتۆنێک و تاکە ئەلیکترۆنێک. ژمارەی پرۆتۆنەکانی ناو ناوکە، کە توخمێک لە توخمێکی تر جیادەکاتەوە، هێشوییەکی ٦ پرۆتۆنی ناوکی ئەتۆمی کاربۆن دروست دەکات، بەم شێوە ٢٦ ئاسن و ٩٢ یورانیۆم پێکدەهێنێت.

بارگە دژبەیەکەکان یەکتر ڕادەکێشن، بەڵام ئەوانەی بارگەیان هاوشێوەیە یەک دوور دەخەنەوە. هەربۆیە جێگەی سەرسوورمانە کە پرۆتۆنەکان، بەشێوەی دوو بەدوو یەکتری بەڕێگەی هێزی کارەبایی دوردەخەنەوە، چی شتێک پێکەوە لەناو ناوک دەیانهێڵێتەوە. هۆکارەکەی ئەوەیە دوو پرۆتۆن کە بەریەک دەکەون، بەهۆی هێزێکەوە کە ناسراوە بە هێزی بەتین(Strong force) بە توندی یەکتری ڕادەگرن. ئەم هێزە ڕاکێشەرە، زۆر بەهێزترە لە دوورخەرەوەی کارەبایی، ئەمەیە هۆکاری ئەوەی کە ناوکی ئەتۆم لەخۆڕا ناتەقێتەوە. بەهەرحاڵ، تۆ ناتوانی ژمارەیەکی زۆر پرۆتۆن لە شوێنی نزیک یەکتر دابنێی؛ چونکە لە کۆتاییدا شکانی کارەبایی زۆر گەورە دەبێت. ئەمە یەکێکە لەو هۆکارانەی کە قورسترینی توخمە سروشتییەکان بەشێوەی سروشتی هەن و ٩٢ پرۆتۆنیان لەهەر ناوکێکدا هەیە. پرۆتۆنی زیاتری پێوە بلکێنی ناوکەکە ناکرێ بمێنێتەوە. لەودیو یورانیۆمەوە توخمە زۆر تیشکدەرەکانی وەکو پلۆتنیوم (plutonium)هەن کە بەهۆی ناهاوسەنگییەکەیەوە بەناوبانگە. ناوکە ئەتۆمییەکانی هەموو توخمەکان جگە لە هایدرۆجین هەڵگری پرۆتۆن و نیوترۆنن.

لەڕاستیدا نیوترۆن بریتییە لە کۆپییەکی بێبارگەی پرۆتۆن. هەمان قەبارەی هەیە و بەجیاوازییەکی بچووکەوە هەمان بارستاییشی هەیە. نیوترۆنەکان بەهەمان توونددی کە پرۆتۆنەکان ئەنجامی دەدەن یەکتری دەگرن. بەپێچەوانەی پرۆتۆنەکانەوە هیچ بارگەیەکی کارەباییان نییە و هەست بە هیچ پشێویەکی کارەبایی ناکەن. لە ئەنجامدا، نیوترۆنەکان کە لە ناو بارستایی ناوکێکدا زۆر دەبن، بەگشتی هێزی ڕاکێشەری بەتین زیاد دەکەن کە یارمەتی هاوسەنگبوونی ناوک دەدات.

کاتێک نیوترۆنەکان لەم ناوەندەدا دان، وەکو بەشێک لە ناوکی ئەتۆمی ئاسنن، لەوانەیە بۆ ماوەی چەندین ملیارد ساڵ بەبێ گۆڕان بمێنێتەوە. بەهەرحاڵ، بەدور لەم هێشووە پێچراوە، نیوترۆنێکی تاک ناهاوسەنگە. هێزێکی کز لە کارەکەدا هەیە، کە بەهێزی لاواز(weak force) ناسراوە و یەکێک لە کاریگەرییەکانی تێکدانی نیوترۆنە و دەیگۆڕێ بە پرۆتۆن. ئەمە دەکرێ تەنانەت کاتێک ژمارەیەکی زۆر نیوترۆن لەگەڵ پرۆتۆنەکان چەپێنراونەتە ناو ناوکێک، ڕوودات. کاریگەریی وەها گۆڕینێک، گۆڕانی ناوکی توخمێکە بۆ توخمێکی تر. ئەم گۆڕانی توخمانە تووی تیشکدانەوە و توانای ناوکییە.

بەگەورەکردنەوەی نیوترۆن یان پرۆتۆن بۆ هەزاران جار دەکرێ تێبگەی ئەوان ڕێسەیەکی ناوەوەیی دەوڵەمەندیان هەیە. هاوشێوەی پورە هەنگێک کە لە دوورەوە وا دیارە خاڵێکی تاریکە، لە کاتێکدا لە نزیکەوە هەورێک بە ویزەویزی بە جووڵە دەبینی، نیوترۆن و پرۆتۆنیش وان. لە وێنەیەکی کەم توانا، وەکو خاڵی سادە دەردەکەون، بەڵام کاتێک بە مایکرۆسکۆپ بە وردبینی بەرزەوە سەیر دەکرێت، هێشووگەلێک لە تەنۆلکەی وردتر بەناوی کوارک(quark) دەبینرێت.

با وەکو دوایین جار بەخاڵێک بەراوردی بکەین. ئیمە ناچارین بۆ بینینی ئەتۆمێک خاڵێک بەڕادەی ۱۰۰ مەتر گەورە بکەینەوە؛ گەورەکردنەوەی ناوک بەڕادەی تیرەی هەسارەیەک. بۆ دەرخستنی کوارکەکان پێویستە خاڵێک بەڕادەی مانگ درێژ بکەینەوە و لەوێشەوە ۲۰ هێندە درێژەی پێ بدەین. بەکورتی ڕێسەی بنچینەیی ئەتۆم لەودیو تەسەوری ڕاستەقینەی ئێمەیە.

ئێمە لە دواییدا گەیشتین بە تەنۆلکە بنچینەییەکان بەو شێوەی ئێستا دەیزانین. ئەلیکترۆنەکان و کوارکەکان وەکو پیتەکانی ئەلفبێی سروشتن، بنچینەترین پارچەی هەرشتێک کە دەکرێ بینا کرابێت. ئەگەر شتی بنچینەیتر وەکو خاڵ و هێڵی مۆرس کۆدی مۆرس هەبن بەدیاریکراوی نازانین چین. بۆچوونێک هەیە، کە پێیوایە ئەگەر بکرێ ئەلیکترۆنێک یان کوارکێک ملیارد ملیاد جار گەورە بکەیتەوە، لە بنچینەدا کۆدی مۆرس دەبینین کە هاوشێوەی ڕێسمان(String)ە، و لە گەردوونێکدا دەلەرنەوە کە ڕەهەندەکانی زیاترە لە سێ ڕەهەندی فەزا و ڕەهەندێکی کات کە بەشێوەی ئاسایی دەیناسین. چ ئەمە وەلامەکە بێت چ نەبێت ئاییندە وەلامی دەداتەوە. من دەمەوێ پێتان بڵێم کە چۆن زانیمان ئەلیکترۆن و کوارکەکان هەن و چین، چۆن ڕەفتار دەکەن و چ پرسیارگەلێک بەرەڕوومان دەبێتەوە.

هێزەکان

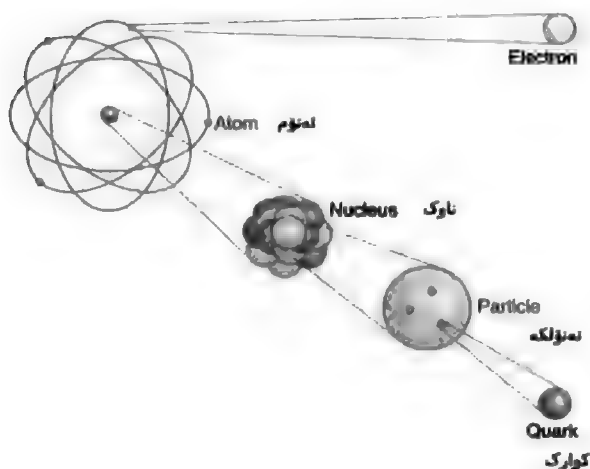
ئەگەر ئەلیکترۆن و کوارکەکان وەکو پیت بن، کەوابوو دەبێت وەکو بەراورد ڕێزمانیش لە ئارادابێت: واتە ئەو ڕێسایانەی کە پیتەکان پێکەوە دەنووسێنێت بۆ ئەوەی وشە، ڕستە و داڕشتن دروست ببێت. سەبارەت بە گەردوون ئەو نووسێنەر و لکێنەرە هێزە بنچینەییەکانن. چواردانە لەوان هەن،

که کێشکردن(GRAVITY) ئاشناترینیانە؛ کێشکردن ئەو هێزەیە کە فەرمانڕەوایە لەسەر مادە بەکۆمەڵ بووەکان. ئەوەی مادە پێکەوە ڕادەگرێت هێزی کارۆموگناتیسییە؛ ئەمە هەر ئەوەیە کە ئەلیکترۆنەکان لەناو ئەتۆمدا ڕادەگرێت و ئەتۆمەکان پێکەوە دەبەستێتەوە تاوەکو مۆلکیول و ڕیسەی گەورەتر دروست بکەن. لەناو و لە دەوروبەری ناوکدا دوو هێزی تر هەن: بەتین و لاواز. هێزی بەتین(Strong Force) لەناو گۆگەلێکی بچووکدا کە ناومان ناون پرۆتۆن و نیوترۆن کوارکەکان پێکەوە ڕادەگرێت؛ ئەوانیش لەناو ناوکی ئەتۆمدا ترنجاونەتە پاڵ یەکتری. هێزی لاواز(Weak Force) جۆرێکی تەنۆلکە بۆ جۆرێکی تر دەگۆڕێ، وەکو ئەوەی لە فۆرمە دیاریکراوەکانی ڕادیۆئاکتیڤیتیدا دەبینرێت. ئەمە پرۆتۆنێک بۆ نیوترۆنێک یان بە پێچەوانەوە بەیەکتری دەگۆڕێت و دەگات بە گۆڕانی (ئیستیحالە) توخمەکان. کاتێک ئەمە ڕوودەدا هەندێک تەنۆلکە ئازاد دەبن کە بە نیوترینۆ ناسراون. ئەمانە تەنۆلکەی بێبارگەی زۆر سوکی بزێون کە تەنها هەست بەبوونی هێزەکانی لاواز و کێشکردن دەکەن. بە میلیۆن لەوان ئێستا ڕێک لە تۆوە تێپەڕ دەبن. ئەوان لەو بەردە ڕادیۆئاکتیڤانەی ژێر و پشتەوە دێن، بەڵام زۆربەیان لە خۆرەوە دێن، لە کورە ناوکییەکەی ناوەندەکەیدا دروست دەبن، تەنانەت لە خودی بیگبانگیشەوە دێن. بۆ مادەی سەر زەوی و زۆربەی ئەو شتانەی لە گەردووندا دەیبینین، ئەمە هەموو کارکتەرەکانی گەمەکەن کە پێویستمانن.

دروستبوونی هەموو ئەو شتانەی لە دەوروبەرماندان پێویستی بە پێکهێنەرەکانی وەکو ئەلیکترۆن و نیوترینۆ و دوو کوارکی جیاواز بەناوەکانی سەر(up) و خوار(down) هەیە، کە تۆوی پرۆتۆن و نیوترۆنەکانی ناوکی ئەتۆمن. چوار هێزی

سەرەکی بە ڕێگەی هەڵبژێردراو کاردەکەنە سەر ئەم تەنۆلکە بنچینەییانە و مادە بەشێوەی بەکۆمەڵ و لە کۆتاییدا من و تۆ و زۆرترینی گەردوونی بینراو دروست دەکەن.

وەکو دەگوترێ وێنەیەک بەڕادەی هەزار وشە بەهای هەیە، من چیرۆکەکە تاوەکو ئێستا بە وێنەیەک کە پێشاندەری ڕێسەی ناوەوەیی ئەتۆم و هێزەکانی سروشتە کورت دەکەمەوە.



وێنەی١: ناو ئەتۆم؛ ئەتۆم پێکهاتووە لە ئەلیکترۆنەکان کە لە دوورەوە بەدەوری ناوکێکی ناوەندیدا دەخولێنەوە. ناوک پێکهاتووە لە نیوترۆن و پرۆتۆنەکان. پرۆتۆنەکان بارگەکەیان پۆزەتیڤە؛ نیوترۆنەکان بێ بارگەن. نیوترۆن و پرۆتۆنەکان خۆیان لە تەنۆلکەی بچووکتر کە ناویان کوارکە پێکهاتوون، بەپێی باشترین تاقیکردنەوەکان، ئەلیکترۆن و کوارکەکان وادیارە تەنۆلکەی بنەڕەتی بن، بەبێ ئەوەی پێکهاتەی قووڵتریان هەبێت.

وێـــنەی٢: هێزەکـــانی سروشـــت: کێشـــکردن ڕاکێشـــەرە و فەرمـــانڕەوایە لەســـەر جووڵەکـــانی ئاســـتی گەورە گەلەســـتێرەکان، هەسـارەکان و بەربوونەوەی سێو. هێزەکـانی کارەبـا و موگناتیسـی ئەلیکترۆنەکان لەشوێنە دوورەکانی ئەتۆم ڕادەگرن. ئەوان دەکرێ ڕاکێشـەر یـان دوورخەرەوە بـن، ئەوان لە یەکـۆمەڵکردنی مـادەدا بەشدارن، بەڵام بۆ مەودای دوور زاڵبوون بۆ کێشکردن بەجێدەهێڵن. هێزی بەتین کوارکەکان پێکەوە دەنووسێنێت و نیوترۆن و پرۆتـۆن و جۆرەکانی تری تەنۆلکە دروست دەکات. ڕاکێشەری بەتین لەنێوان ئەو پرۆتـۆن و نیوترۆنـانەی دەکەون لە یەکتـر یارمەتیـدەرە بـۆ دروستبوونی نـاوکێکی چڕ لەناو دڵی ئەتۆمدا. هێزی لاواز دەکرێ فۆرمێکی تەنۆلکە بە فۆرمێکی تـر بگۆڕێت. ئەمە هۆکـاری گـۆڕینی توخمەکانە، بۆ نموونە گۆڕینی هایدرۆجین بۆ هیلیۆم لەناو خۆردا.

چۆن ئەمانە دەزانین؟

یەکێک لە گرنگترین بەشەکانی چیرۆکەکەی ئێمە ئەوە دەبێت کە ئێمە ئەم شتانە چۆن دەزانین. بۆ هەست کردن بە گەردوون لە هەموو ئاستەکاندا، لە مەودا دورەکان بەرەو ئەستێرەکان تاوەکو مەودای یەکجار زۆر کورتی ناو ناوکی ئەتۆم، پێویستە هەستەکانمان بە بەکارهێنانی ئامێرەکان پەرەپێبدەین. تەلیسکۆپ توانابیمان دەداتێ سەیری دوور بکەین و میکرۆسکۆپ پەردە لەسەر شتەکانی مەودای کورت لادەدا. بۆ سەیرکردنی ناو ناوکی ئەتۆم پێویستیمان بە جۆرێکی تایبەتی مایکرۆسکۆپ هەیە کە ناسراوە بە تاودەر(accelerator)ی تەنۆلکە. بە بەکارهێنانی بوارە کارەباییەکان تەنۆلکەی بارگاوی وەکو ئەلیکترۆن یان پرۆتۆن بۆ کەرتێک لە خێرایی ڕووناکی تاودەدرێت و لەدواییدا دەکێشرێت بە ئامانجێکی مادی یان ڕووبەرە و لەویتر دەدرێت. ئەنجامەکانی بەرکەوتنی لەم شێوە دەکرێ پەردە لەسەر نهێنی ڕیسەی قووڵی مادە لابدات. ئەوان نەتەنها ئەو کوارکانەمان پیشان دەدەن کە تۆوی ناوکی ئەتۆمین، بەڵکو فۆرمی سەیرو سەمەرەکانی مادەش بەناوگەلی نامۆی وەکو- سەمەتە(Strange)، ئەفسون(charm)، بن(bottom)، و ترۆپک(top)- و هەروەها شێوازە قورسترەکانی ئەلیکترۆنیش کە پێیان دەگوترێ موئون(muon) و تاو(tau) دەردەخەن. ئەمانە ڕۆڵێکی زەق لەو مادەی کە ئێمە بەشێوەی ئاسایی لەسەر زەوی دەیبینین ناگێڕن و بەتەواوەتیش تێناگەین بۆچی سروشت بەکاریان دەهێنێت. وەڵامدانەوە بەم پرسیارانە یەکێک لەو ئاڵنگاریانەیە کە لە ئێستا لەگەڵی بەرەوڕووین.

هەرچەند ئەم فۆرمە نامۆیانە لە ئێمڕۆدا باونین، وادەردەکەوێ ئەوان لە یەکەم ساتەکانی دوای

بیگبانگ(تەقینەوە گەورەکە) کە دەستپێکی جیهانە مادیەکەی ئێمە ڕاگەیەندرا باو بوویێتن. هەروەها ئەم تێگەیشتنە لە ئەنجامی تاقیکردنەوەی تەنۆلکەکانی وزەی بەرزەوە هاتووە و بەرجەستە بوونێکی قووڵی ئەو شتەیە کە ئەم تاقیکردنەوانە دەکرێ ئەنجامی بدەن. بۆ ماوەی ٥٠ ساڵ چڕبوونەوەی فیزیای تەنۆلکەی وزە بریتی بوو لە دەرخستنی ڕیشە و بونیادی قووڵی ناوەوەی مادە و تێگەیشتن لە فۆرمە سەیرەکانی مادە کە بەشێوەیەکی چاوەڕواننەکراو دەرکەوتبوون. لە چارەکی کۆتایی سەدەی بیستەم تێڕوانینێکی قووڵ بۆ گەردوون هاتە ئاراوە: مادەکانی گەردوونی ئیمڕۆیی لە بیگبانگێکی گەرمەوە هەڵقوڵیون و ئەوەی کە بەرکەوتنی نێوان تەنۆلکە نیمچە ئەتۆمییەکان بارودۆخە ساتەکییەکان دروست دەکاتەوە، کە لەو سەردەمە سەرەتاییەدا باو بووە.

هەربۆیە لە ئیمڕۆدا ئێمە بەرکەوتنی تەنۆلکە وزەبەرزەکان بەواتای لێکۆڵینەوە لەو دیاردانە دەبینین، کە کاتێک گەردوون بەتازەیی لەدایک دەبوو، فەرمانڕەوا بوون. دەکرێ لێکۆڵینەوە بکەین مادە چۆن خەڵق بووە و بیدۆزینەوە چۆن جۆراجۆرییەکان هاتووەتە ئاراوە. لێرەوە دەکرێ ئەو چیرۆکە بنیاد بنێین، کە چۆن مادەی گەردوون لە مەنجەڵێکی سەرچاوەیی گەرمەوە پەرەدەستێنێت و دەگات بەم بارودۆخە ساردەی ئێستا لە ئیمڕۆی سەر زەویدا، کە مادە پێکهاتووە لە ئەلیکترۆنەکان، بەبێ ئەوەی پێویست بە بوونی موئون و تاو بکات و توخمەکانی ناوکی ئەتۆم پێکهاتوون لەتەنها دوو کوارکی سەر(up) و خوار(down) بەبێ ئەوەی پێویست بە جۆرە سەمەرە(strange)ەکە یان ئەفسون(charm)ەکە بکات.

بەکورتی ئەو چیرۆکەی کە ڕوویدا ئەمەیە: ئەو مادەیەی لە بیگبانگی گەرم لەدایکبوو، پێکهاتبوو لە کوارکەکان و

تەنۆلکەکــانی وەکــو ئەلیکتــرۆن. ســەبارەت بە کوارکەکــان، جۆرەکــانی ســەمەرە، ئەفســون و بــن و ترۆپــک بەتوونــدی لەرزۆک و ناهاوسەنگ بوون و لە کەرتێکی بچووکی چرکەدا مردن، هێزی لاواز ئەوانی گۆڕی بە نەوە زیاتر هاوسەنگەکانی وەکــو ســەر و خــوار کە تــاوەکو ئێســتاش هەن. چیرۆکێکــی هاوشــێوەش بــۆ ئەلیکتــرۆن و ڤێــرژە قورســترەکانیتری وەکــو موئــون و تــاو هــاتە ئــاراوە. ئەم جــووتەی دوایــیش لەرزۆک و ناهاوسەنگن و بەهۆی هێزی لاوازەوە مردن و ئەلیکترۆنیان لە دوای خۆیــان بەجێهێشــت. لەم پرۆســەی گەنینەدا، بڕێکــی زۆر نیوترینــۆ و تیشــکی کارۆموگناتیســی دروســتبوون، کە لە ١٤ ملیارد ساڵ لەوەو پێشەوە بەگەردووندا بڵاوبوونەتەوە.

لە کاتێکـــــدا هێشـــــتا گەردوون زۆر گەرم و لاو بـــــوو، کوارکەکــانی ســەر و خــوار و ئەلیکترۆنەکــان ڕزگارییــان ببــوو. لەگەڵ ساردبوونەوەیدا، کوارکەکــان پێکەوەنووســان و پرۆتــۆن و نیوترۆنیــان دروســتکرد. ڕاکێشــانی کێشــکردنی دووبەدوو لەنێــوان ئەم تەنۆلکــانە لە هەوری گەورەدا خــڕی کــردنەوە، کە ئەمــانە ئەســتێرە ســەرەتاییەکان بــوون. کاتێــک پرۆتــۆن و نیوترۆنەکــان لە نــاو دڵــی ئەم ئەســتێرانەدا دەکەون لەیەکتــری تــۆوی تــوخمە قورســترەکان دروســت دەکەن. هەنــدێک لەم ئەستێرانە لەرزۆک بوون، تەقانەوە و ئەم نــاوکە ئەتۆمییانەیــان بەناو فەزادا بڵاوکردەوە، کە بەحەپسکردنی ئەلیکترۆنەکــان ئەو ئەتۆمانەیان دروستکرد کە ئێستا دەیانناســین. ئەمە ئەو شــتەیە کە بڕوامــان وایە بەنزیکەیی ٥ ملیــارد ســاڵ لەوەوپــێش لەکــاتی دروستبوونی کۆمەڵەی خــۆر ڕوویــداوە. ئەو ئەتۆمــانەی مــن و تۆیان لە ئەمڕۆدا دروستکردووە لە سوپەنۆڤایەکەوە هــاتوون کە زۆر لەوەوپێش مردووە.

ئەوەی ئێستا ئێمە دەکرێ لە تاقیکردنەوەکاندا ئەنجامی بدەین بەشێوەی کاریگەر پرۆسەکەی پێچەوانە کردۆتەوە و دەبینین مادە دەگۆڕێت بەرەو دواوە بۆ فۆرمە سەرچاوەییە سەرەتاییەکەی. گەرمکردنی مادە بۆ چەند هەزار پلەی گەرمی و بەئایۆنکردنی ئەتۆمەکان- ئەلیکترۆنەکان لە ناوکی ناوەندی جیا دەبنەوە. ئەمە ئەو شتەیە لەناو خۆردا ڕوودەدا. خۆر پلاسمایە، واتە پرۆتۆن و ئەلیکترۆنەکان کە بەشێوەی کارەبایی بارگاویین و بەشێوەی سەربەخۆ دەسوڕێنەوە. تەنانەت لە پلەی گەرمی بەرزتردا، ئەو بارودۆخە جۆرییەی کە دەکرێ تاڕادەیەک لە تاودەرە بچووک و وزەبەرزەکاندا پێی بگەین، ناوکەکان هەڵدەوەشێنەوە بۆ پێکهاتەکانیان، واتە نیوترۆن و پرۆتۆنەکان. لە وزەی بەرزتردا ئەمانیش دەتوێنەوە بۆ پلاسمایەک کە کوارکەکان تێیدا بەسەربەستی دەجووڵێن.

هەموو ئەمانە چۆن ڕوویانداوە، چۆن دەیزانین، و چیمان دۆزیوەتەوە، بابەتی ئەم پێشکەییە زۆر کورتەن.

بەشی دووەم

گەورە و بچووك چۆن گەورە و بچووکن؟

ئەتۆمەکـان زۆر بچـووکن، گەردوون زۆر گەورەیە، ئەوان چـۆن لەگەڵ شـتە ئاسـاییەکانی ڕۆژانەدا بەراورد دەکـرێن؟ گەردوون لەهەمــوو شــوێنێکدا وەکــو یەک نیــیە- خــۆر و ئەستێرەکان زۆر گەرمترن لە زەوی و مادە. گەردوون فۆرمی جیاواز وەردەگرێت، بەڵام لە کۆتاییدا لەیەک شت دروستبوون. گەردوون بەپێـی کـات یەک شـت نەبـووە، ١٥ ملیـارد سـاڵ لەوەوپێش لە گەردوونـی زۆر گەرمەوە هـاتووەتە ئاراوە و لە دواییدا تۆوەکانی مادە دروستبوون.

لە کوارکەوە بۆ کوازەر

ئەســـــتێرەکان گەورەن و بە چـــاوی ڕووت لە مەودای دوورەوە دەبینـــــرێن. ئەمە بەپـــــێچەوانەی پــــارچە سـەرەکییەکانیەتی، واتە تەنۆلکەکـان کە لە کۆتاییدا ئەتۆمەکـان دروست دەکەن. نزیکەی یەک ملیارد ئەتۆم پێویستە بۆ ئەوەی بخـرێنە سـەریەک بگـات بەلـوتکەی سـەرت؛ ژمـارەیەکی

هاوشێوەش لە مرۆڤ پێویستە پەنجەی پێی ئەم بخرێتە سەر لوتکەی سەری ئەویتر تاوەکو درێژییەکەی بگات بە تیرەی خۆر. هەربۆیە سکێڵی پێوانی مرۆڤ بەنزیکەیی دەکەوێتە نێوان ئەمانە، واتە ئەتۆم و خۆر. ئەو تەنۆلکەکانەی کە ئەتۆمەکان دروست دەکەن- ئەلیکترۆنەکان کە لە ناوچەکانی دەوری ئەتۆمدان و کوارکەکان کە لە توخمی کۆتایی ناوکە ناوەندییەکاندان- خۆیان یەک ملیارد جار لە ئەتۆم بچووکترن.

مرۆڤێکی گەورە شتێک کەمتر لە ۲ مەتر باڵایەتی. بۆ زۆربەی ئەو شتانەی لەم کتێبانەدا باسی دەکەین ڕادەی گەورەییەکە زۆر گرنگترە لە بڕە وردەکانی. بۆیە بۆ ڕێکخستنی ئاستەکانی من ڕادەی گەورەییەکەی باڵای مرۆڤ بە مەترێک دادەنێم (ئەمە بەواتای ئەوەیە ئێمە گەورەترین لە ۱۰/۱ مەتر، یان 10^{-1} مەتر و کەمترین لە ۱۰ مەتر). بۆ ئاستە گەورەکانی ئەستێرەناسی، نیوەتیرەی زەویمان هەیە، کە نزیکە لە $۱۰^{۷}$ مەتر (۱، حەوت سفر لە بەردەمیدا)؛ هی خۆر $۱۰^{۹}$؛ نیوەتیرەی ڕێچکەی سووڕانەوەمان بەدەوری خۆردا $۱۰^{۱۱}$ یە (بەپێی یەکەیەکی گونجاو ۱۰۰ ملیۆن کیلۆمەتر). بۆ گەڕانەوەکانی دوایی، سەرنج بدەن کە قەبارەی ڕێژەیی زەوی، خۆر و سوورگەکەمان بە فاکتەری ۱۰۰ جیاوازن.

مەودای دووری گەورەتر لەمە وێنەکردنی زۆر قورستر دەبێت و کاتێک بە مەتر دەردەبڕدرێن، ژمارەیەکی زۆر سفر دەبێت دابنرێن، هەر بۆیە یەکەیەکی نوێ پێویستە: ئەو یەکە نوێیە ساڵی ڕووناکییە(light year). ڕووناکی بەخێرایی ۳۰۰ هەزار کیلۆمەتر لە چرکەدا گەشت دەکات. ئەم خێراییە زۆر بەرزە، بەڵام بێکۆتایی نییە: ڕووناکی لە یەک نانۆچرکە، کە دەکاتە 10^{-9}چرکە ۳۰ سانتی مەتر ڕێگە دەبڕێت، کە بەڕادەی گەورەیی پێیەکانتە. کۆمپیوتەرە نوێیەکان لەم ئاستە لەکاتدا کاردەکەن، وەها میکرۆکاتێک ئەوکاتە گرنگ دەبێت کە دەچینە

ناو جیهانی ئەتۆمەوە. ئێستا با سەر لە سنوورەکەی ئەولاش بدەین- مەودا زۆر دوورەکانی گەردوون و کاتەدرێژەکان کە ڕووناکی پێویستییەتی بۆ ئەوەی گەشت بکات و بگات بەچاوی ئێمە.

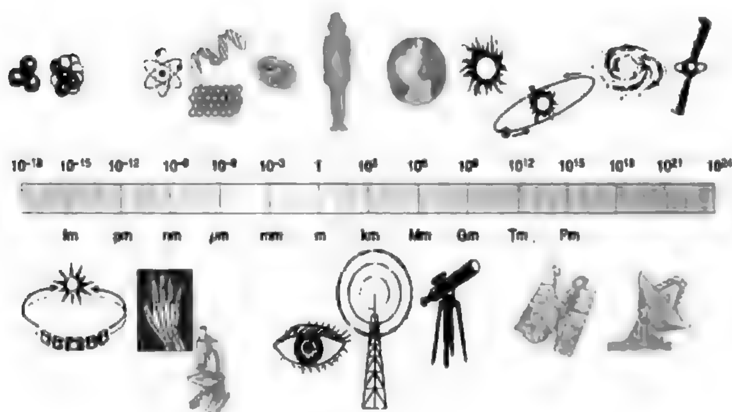
ڕووناکی ٨ خولەک کاتی پێویستە تاوەکو ١٥٠ ملیۆن کیلۆمەتر لە خۆرەوە دەبڕێت و دەگات بە ئێمە؛ هەربۆیە دەڵێین خۆر ٨ خولەکی ڕووناکی(light minutes) لە ئێمەوە دوورە. ڕووناکی بۆ ئەوەی $١٠^{١٦}$ مەتر ببڕێت، یەک ساڵی پێویستە و بەم مەودایە دەگوترێت ساڵی ڕووناکی(light year). پانتایی گەلەستێرەی ڕێگای کاکێشان((milky way $١٠^{٢١}$ مەتر یان ١٠٠٠٠٠ ساڵی ڕووناکییە. هێشووە گەلەستێرەکان کە پێکەوە گروپێک پێکدەهێنن، پانتاییەکەیان سەرو ١٠ ملیۆن ساڵی ڕووناکییە. ئەم هێشووانەش خۆیان لەناو بەرزەهێشووە(supercluster)کاندا بە گروپ دەبن و پانتاییەکەیان ١٠٠ ملیۆن ساڵی ڕووناکییە (واتە $١٠^{٢٤}$ مەتر). پانتایی گەردوونی بینراو بەنزیکەیی ١٠ ملیارد ساڵی ڕووناکیی یان $١٠^{٢٦}$ مەترە. ئەم ژمارە دروستانە زۆر گرنگ نین، بەلام سەرنج بدەن گەردوون یەکدەست نییە و لە ڕێسە دوردەستەکاندا بەهێشوو دەبێت: بەرزەهێشووەکان، هێشووەکانی گەلەستێرە و گەلەستێرە تاکەکانی وەکو ئەوەی خۆمان، هەرکامیان ١٠٠/١ لەوەی پێشووی بچووکترە. کاتێک دەچینە ناو جیهانی وردەوە، دووبارە هەندێک توێ ڕێسەی لەو جۆرە دەبینین، بەلام ئاست و مەودایەکی بەتاڵترە؛ نەک ١٠٠/١، بەڵکو هەر ڕێسەیەک١٠٠٠٠/١ بچووکترە لەوەی پێش خۆی.دوای گەشت بۆ ئاستە گەورە فەزاییەکان با ئاوڕ لە ئاراستە دژەکەی بدەینەوە و بچینە ناو میکرۆجیهانی ئەتۆم و ڕێسە و بونیادە ناوەوەییەکەی. بەچاوی ڕووت دەتوانن پارچە تاکەکانی تۆز جیابکەینەوە، کە بچووکترن لە یەک لەسەر ١٠وە

بۆ یەک لەسەر ١٠٠ی میلی مەترێک: 10^{-4} بۆ 10^{-5} مەتر ئەمە هاوتای گەورەترین بەکتریاکانە. ڕووناکی جۆرێک شەپۆلی کارۆموگناتیسییە و درێژەشەپۆلی ڕووناکی بینراو کە ئێمە لە کۆڵکە زێڕینەدا دەیبینین لەنێوان 10^{-6} بۆ 10^{-7} مەترە. ئەتۆمەکان هەزاران جار لەمە بچووکترن و بەنزیکەیی 10^{-10} مەترن. ئەو ڕاستییەی ئەتۆمەکان زۆر بچووکترن لە درێژەشەپۆلی ڕووناکی بینراو دەیانخاتە ئەودیوی بینینی ئاساییمانەوە.

هەموو شتێک لەسەر زەوی لە ئەتۆمەکان دروستبووە. هەموو توخمێک بچووکترین پارچەی خۆی هەیە، کە هێندە بچووکن بەچاو نابینرێن و لەگەڵ ئەوەشدا هەقیقین و ئامرازە تایبەتەکان دەکرێ پیشانیان بدات. با لە بەشی ١ەوە بەبیرمان بێتەوە: ئەتۆمەکان لە تەنۆلکەی وردتر دروستبوون. ئەلیکترۆنەکان لە دوورەوە تێیاندا دەسوڕێنەوە: لەناخەکەیاندا ناوکێکی ئەتۆمی چڕ و قورس هەیە. ناوکیش لەخۆیدا ڕیشە و بونیادی هەیە، پێکهاتووە لە پرۆتۆن و نیوترۆنەکان، کە ئەوانیش خۆیان لە تەنۆلکەی وردتر پێکهاتوون: واتە "کوارکەکان"(Quarks). کوارکەکان و ئەلیکترۆن تووی هەموو ئەو مادانەن کە دەکرێ لەسەر زەوی بیانبینین.

لەکاتێکدا ئەتۆم بەنزیکەیی پانتاییەکەی 10^{-10} مەترە، پانتایی ناوکەکەی تەنها بەنزیکەی 10^{-14} بۆ 10^{-15} مەترە. هەربۆیە ئاگاداری ئەم بەراوردە بن کە زۆرجار گوتراوە ئەتۆمەکان وەکو کۆمەڵەی خۆر بچووکن و هەسارە ئەلیکترۆنەکان لەدەوری ناوکە خۆرەکان دەسوڕێنەوە. کۆمەڵەی خۆر هەڵگری فاکتەرێکی ١/١٠٠ ە لەنێوان سورگەکەمان و قەبارەی خۆرە ناوەندییەکە؛ ئەتۆم زۆر بەتاڵترە ڕێژەی گرێدراوی لەنێوان ناوک و نیوەتیرەی ئەتۆمەکە ١/١٠٠٠٠ە و ئەم بەتاڵییە بەردەوام دەبێت. تیرەی

تاكه پرۆتۆن و نيوترۆنەكان بەنزيكەيى 10^{-15} مەتره و ئەوانيش خۆيان لە تەنۆلكە بچووكترەكان پێكهاتوون كە ناويان كواركە. ئەگەر كوارك و ئەليكترۆن قەبارەی زاتييان هەبێت، دەبێت زۆر بچووكتر لەوە بن كە بكرێ بپێورێن. هەموو ئەو شتەی كە دەكرێ بە دڵنياييی بڵێين ئەوەيە ناكرێ لە 10^{-15} مەتر گەورەتر بێت. هەر بۆيە لێرەدا دەبينين كە قەبارەی ڕێژەيی كوارك بە پرۆتۆن بڕێكە نزيك بە ١/١٠٠٠٠(زۆری زۆر). هەر ئەمەش سەبارەت بە ئەليكترۆنە "هەسارەييەكان" بەپێی پرۆتۆن'خۆرييەكە'، ڕاستە: تەنها لە جياتی ١/١٠٠ی كۆمەڵەی خۆری ڕاستەقينە، ١/١٠٠٠٠ دابنێ. هەربۆيە جيهانی ناو ئەتۆم بەڕادەيەكی بەرچاو بەتاڵە.



وێنەی ٣: بەراورد لەگەڵ قەبارەی مرۆيی و ئەوديوی بينينی ئاسايی. لە ئاستی بچووكدا، 10^{-6} مەتر ناسراوە بە ١ ميكرۆن(μ)، 10^{-9} ناسراوە بە ١نانۆ (*nano*)و 10^{-15} ناسراوە بە ١ فێرمی(*fermi*).

بـۆ گەیشـــتتن بە هەنـــدێک تێگەیشـــتن ســـەبارەت بەمە، تەسەوری درێژترین کون بکە کە دەتوانی لە کۆرسێکی گۆلفدا بیدۆزیتەوە، تۆ بڵێ ٥٠٠ مەتر. درێژیی ڕێژەیی ئەم ڕێڕەوە بەقەبـارەی کـونە بچـووکەکە کە تـۆ لە کۆتاییـدا تـۆپەکەی تێدەخەیت بەنزیکەیی ١:١٠٠٠٠ە، کە نزیکە بە تیرەی ئەتۆمی هایدرۆجین بە ناوکەکەی ناوەڕاستی، واتە پرۆتۆن.

هەروەکو چۆن مەودا پان و بەرین و دوورەکان زەحمەتە بە مەتر دەرببڕین، مەوداکانی ناوچەی نیمچە میکرۆسکۆپی ڕێسـەی ئەتۆمی و ناوکییش زەحمەتە. لە نموونەی پێشـوودا ئـیمە سـاڵی ڕووناکیمـان ناسـاند، واتە 10^{16} مەتـر؛ دواتـر گونجاوتر بـوو ئانگسترۆم، A ، کە ١ ئانگسترۆم یەکسانە بە 10^{-10}مەتر (بەنزیکەیی قەبارەی ئەتۆمێکی سادە) و فێرمی، fm، کە ١ فێرمی یەکسانە بە 10^{-15} بەکاربێنین.

دەبینین ئانگسترۆم یەکەیەکی گونجاوە بۆ پێوانی قەبارەی ئەتـۆم و مۆلکیولەکـان، لەکاتێکـدا بـۆ نـاوک و تەنۆلکەکـان سروشـتییە فێرمـی بەکـاربێنین. (ئانگسـترۆم(Ångström) و فێرمـی(Fermi) بەڕێـز دوو زانـای ئەتـۆمیی و نـاوەکیی سەدەکانی نۆزدە و بیست بوون).

چاوەکانی ئێمە شتەکانی ئاستی مرۆڤ دەبینێت؛ پێشینانمان هەستەکانیان بەو جۆرە پەرەیسەندووە، تاوەکو لە ڕاوچییەکان بیانپارێزێت؛ پێویستییان بە بینینی گەلەستێرەکان کە شەپۆلی ڕادیۆیی دەردەکەن و ئەتۆمەکانیDNAی نەبووە. لە ئێمڕۆدا ئـێمە ئامێرەکـان بەکـاردەهێنین بـۆ ئەوەی بینینمـان فراوانتـر بکەیـن: بۆ نمـوونە تەلیسـکۆپەکانِ کە بـۆ بینینی قـوڵایی فەزا بەکـــاردێن و میکرۆســـکۆپ کە بەکتریـــاو مۆلکیولەکـــان دەردەخـات. مایکرۆسـکۆپی تـایبەتیش بـۆ دەرخسـتنی مەودای

بچـــووکتر لە ئەتـــۆم هەیە: لەڕاســـتیدا ئەمـــانە تاودەرەکـــانی تەنـــۆلکەی وزەبەرزن. بەم ئـــامرازانە دەکـــرێ سروشـــتی پانتاییەکی فراوان لە مەوداکان دەربخەین. ئەم کارە چۆن بە تەنۆلکەکـان ئەنجـام دەدرێـت، لە بەشـەکانی ٥ و ٦ دا باسـی دەکەین.

گەردوون بەپێی پلەی گەرمی و کات

هەمیشە گەردوون بەم شێوە نەبووە کە ئێستا هەیە. وەکو دەزانین گەردوون بە تەقینەوەیەکی مەزن دەستی پێکرد، هێندە گەرم کە لەودا ئەتۆمەکـان نەیانـدەتوانی پـارێزراو بـن. ئەمـڕۆ دوای ١٤ ملیـارد سـاڵ، گەردوون تـا ڕادەیەکـی زۆر سـاردە و ئەتۆمەکـان دەکـرێ هەبـن. بەشـێوەی لۆکـاڵی خـاڵی زۆر گەرم هەن، وەکـو ئەسـتێرەکانی هاوشـێوەی خـۆرەکەی خۆمـان، و مادە لەوێ جیاوازە لەو مادەیەی کە لەسەر زەوییە تاڕادەیەک فێنکەکەی خۆمـان هەیە. تەنـانەت دەتـوانین لەتاقیکردنەوەکـانی تاودەری تەنۆلکەدا هاوشێوەسازی بۆ بـارودۆخە توونـدەکەی سـاتەکانی تۆزێـک دوای بیگبانـگ بکەیـن و ببینـین چـۆن تـۆوە بنچینەییەکانی مادە بەشـێوەی سـەرچاوەیی دەبێـت دەربکەون. بەهەرحـاڵ هەرچەنـد فۆرمەکـانی مـادە لەنـاو فەزا و کاتـدا دەگۆڕێن، پارچە بنچینەییەکان هاوبەشن. چۆنیەتی دەرکەوتنی مـادە لە سەرما(ئێسـتا)، لە گەرمـی بەرز(وەکـو نـاو خـۆر و ئەسـتێرەکان) و گەرمـی سـەرەبەرز (وەکـو تۆزێـک دوای ڕوودانی بیگبانگ) بابەتی ئەم بەشەیە.

لە فیزیـای مایکرۆسـکۆپیدا ئـێمە وزە بە جـول(Joule) هەژمارد دەکەین، یان لە پیشەسازیی سکێلی گەورەدا بە میگا- یـان تـرا جـول. لە فیزیـای تەنۆلکە، نـاوک و ئەتـۆم بە بەراورد

زۆر بچووکن. ئەگەر ئەلیکترۆنێک کە بارگەی کارەبایی هەیە، بە بوارێکی کارەبایی یان باترییەکی یەک ڤۆڵتی تاوبدرێت، وزەکەی دەبێت بە 1.6×10^{-19} جول. تەنانەت کاتێک دەگەیەنرێت بە خێرایی نزیک بە خێرایی ڕووناکی وەکو ئەوەی لە تاودەرەکانی سێرن(CERN) لە جنێف(Geneva) دەکرێت، ئەم وزە تەنها دەگات بە نزیکەی 10^{-8}جول، کە بریتییە لە یەک لەسەر سەد ملیۆنمی جول. ئەم ژمارە بچووکە قەرەباڵغی دروستدەکات، بۆیە بەشێوەی باو پێوەرێکی جیاواز بەکاردەهێنرێت کە ناسراوە بە ئەلکترۆن ڤۆلت(Electron volt) یان بەکورتی(eV). لە سەرەوە وتمان کاتێک بە بوارێکی کارەبایی یان باترییەکی یەک ڤۆڵتی تاو دەدرێت وزەی $1.6 \times 10^{-19} j$ وەردەگرێت، ئەمەش هەر ئەوەیە کە بە یەک ئەلیکترۆن ڤۆڵت ناوی دەنێین.

ئێستاکە وزەی فیزیای نیمچە ئەتۆمی ڕێکخرا، بە $10^3 eV$ دەڵێین کیلۆ ئەلیکترۆن ڤۆلت((killo-electron volt(keV) $10^6 eV$یەک ملیۆن(میگا) ئەلیکترۆن ڤۆڵتی یان پێی دەگوترێت،MeV١ ,. 10^9ئەلیکترۆن ڤۆلت پێی دەگوترێت یەک گیگا ئەلیکترۆن ڤۆلت(GeV١)؛ و دوایین تاقیکردنەوەکان چووەتە ناوچەی تێرا(tera) یان 10^{12} ئەلیکترۆن ڤۆلت .TeV١

هاوکێشە بەناوبانگەکەی ئاینشتاین $E = mc^2$ پێمان دەڵێت دەکرێ وزە بگۆڕێ بە بارستایی (Mass)و بەپێچەوانەوە، نرخی ئاڵۆگۆڕ بریتییە لەc^2، کە بریتییە لە دووجای خێرایی ڕووناکی. بارستایی ئەلیکترۆن یەکسانە بە 9×10^{-31} کیلۆگرام. ئەم ژمارانەش دووبارە قەرەباڵغی دروست دەکەن، هەربۆیە بە بەکارهێنانی $E = mc^2$ بۆ

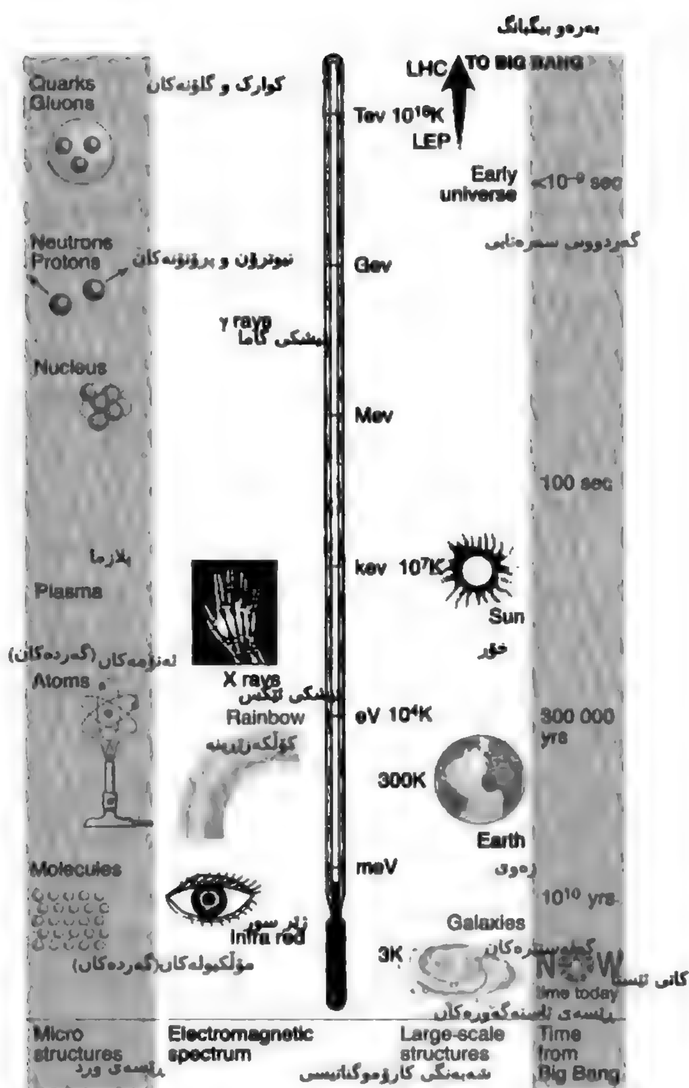
گۆڕینی بارستایی بە وزە ئەو ژمارە دەبێت بە $0.5MeV$ کە بــریتییە لە وزەی ئەلیکترۆنێکــی تەنهــا لەکــاتی وەســـتاودا؛ بەشــێوەی بــاو دەڵێــین بارســـتایی بــریتییە لە $0.5MeV/c^2$. بارســـتایی پرۆتــۆن لەم یەکەدا بــریتییە لە $938MeV/c^2$ کە بەنزیکەیی دەکاتە .. $1GeV/c^2$.

لەهەمانکاتدا وزە بە قووڵی گرێدراوە بە پلەی گەرمییەوە. ئەگەر ژمــارەیەکی زۆر تەنــۆلکەت هەبێــت کە بەیەکــدا دەدەن، وزە لەمەوە بــۆ ئەویتــر دەگــوازنەوە و کــۆی پــلەی گەرمــی جێگیــرە، تێکڕای وزەی تەنــۆلکە تاکەکــان دەکــرێ بە eV(یــان keV و هتــد) دەربــبڕێــت. پــلەی گەرمــی ژوور بەنزیکەیــی ٤٠/١ ئەلیکتـــرۆن ڤۆڵــت یـــان eV٠.٠٢٥ ە. لەوانەیە ئاســـانتر بێــت بڵێــین $1eV = 10^4K$ (لێرەدا مەبەســت لە K کلڤن(Kelvin)ە، واتە پێوانی ڕەهای پلەی گەرمی، سفری ڕەها (0^0K) یەکســانە بە ٢٧٣ - ی پــلەی سلســیوس، پــلەی گەرمــی ژوور نــزیکەی K٣٠٠ ە).

موشـــەک (هـــاژەک)ێکی هـــاوێژراو بەرەو ســـەرەوە، ئەگەر وزەی پێویستی هەبێت، دەکرێ لەڕاکێشانی کێشکردنی زەوی دەربــاز ببێــت؛ ئەگەریــش وزەی پێویســت بە ئەلیکترۆنــی نــاو ئەتــۆم بــدرێت دەکــرێ لە ڕاکێشــانی کارەبــایی نــاوکی ئەتــۆمی دەربــــــازی ببێــــت. لە ژمـــــارەیەکی زۆر لە مۆڵکیولەکانـــــدا ئەلیکترۆنەکــان بە کەرتێکــی وزەی ئەلیکتــرۆن ڤۆڵــت دەربــاز دەبــن؛ هەربــۆیە پــلەی گەرمــی ژوور بــۆ ئەو کــارە بەســە، کە بریتــی دەبێــت لە ســـەرچاوەی کیمیــا، زیندەناســی و ژیـــان. ئەتۆمەکــانی هایــدرۆجین لە وزەی ژێــر eV١ پــارێزراوە، کە لە ئاستی 10^4Kدایە. بەم شێوە پلەی گەرمی لەســەر زەوی بەرز نیــیە و ئەتۆمەکــان بەشــێوەی ئاســـایین (جــگە لە هەنــدێک

نموونەی تایبەتی وەکو کورە پیشەسازییەکان، گلۆپەکانی کاربۆن و ئامێرە زانستییەکان). بەهەرحاڵ لە ناوەندی خۆردا پلەی گەرمی 10^7Kە، یان بەپێی وزە ١keV؛ ئەتۆمەکان ناتوانن لەوەها بارودۆخێکدا پارێزراو بن.

لە پلەی گەرمی سەرو $K10^{10}$دا وزەی پێویست لەبەردەستە تاوەکو بگۆڕێت بە تەنۆلکەی وەکو ئەلیکترۆن. تاک ئەلیکترۆنێک بارستاییەکەی $0.5MeV/c^2$ە، هەربۆیە MeV٠.٥ پێویستە بۆ ئەوەی بگوشرێت و ببێ بە ئەلیکترۆن. هەروەکو دواتر دەبینین ئەمە لە خۆرا ڕوونادات؛ ئەلیکترۆنێک و لفە دژەمادەکەی واتە پۆزیترۆن دەبێت بە شێوەی جووت دروست ببن. بەشێوەی بەراورد GeV٢ وزە پێویستە بۆ ئەوەی پرۆتۆنێک و دژە پرۆتۆنێک دروست ببن. ئەم وزانە لە ئیمڕۆدا لە تاقیگەکانی ناوکی و تاودەرەکانی تەنۆلکەدا بەردەستن؛ ئەوان لە گەردوونی سەرەتاییدا زۆر ئاسایی بوون و لەو ساتە سەرەتاییەنەدا بوو کە تەنۆلکە بنچینەییەکانی مادە (و دژەمادە) دروست بوون. وردەکاری ئەم بابەتە لە بەشی ٩دا باسدەکرێت، بەڵام هەندێک سەردێڕ ئێستا دەکرێ سوودمەند بێت بۆ ئەوەی گرنگی پێبدەین.



وێنەی ٤: یەکگرتنەوەی ئاستەکانی پلەی گەرمی و وزە بەپێی ئەلیکترۆن ڤۆلت(eV)

گەلەستێرە بینراوەکان لەیەکتر دووردەکەونەوە کە پیشاندەری کشانی گەردوونە. بەپێی نرخی کشانەکە دەکرێ سناریۆیەکی پاشەوپاش لە کاتدا تەسەور بکەین کە دەگەین بەو ئەنجامەی نزیکەی ١٤ ملیارد ساڵ پێشتر لەخۆیدا چڕبووەتەوە. تەقینەوەیەکی گەورە لەو دۆخە چڕەوە هاتە ئاراوە کە ئێمە ناوی دەنێین بیگبانگ. (مەبەستی سەرەکی ئەم کتێبە گەردوونناسی نییە؛ بۆ خوێندنەوەی زیاتر سەیری گەردوونناسی(Cosmology) لە نووسینی پیتەر کۆلیس(Peter Coles) لە زنجیرەی پێشەکییەکی زۆر کورت بکە). لەو بارودۆخە سەرچاوەییەدا گەردوون زۆر گەرمتر بووە لە ئێستا. گەردوونی ئەمڕۆ لەناو حەمامێکی شەپۆلی مایکرۆشەپۆلدا نغرۆیە کە پلەی گەرمییەکەی سێ کڵڤنە(K٣). لێکدانی ئەمە لەگەڵ وێنەی کشانی دوا بیگبانگ پێوەرێکی پێوانی پلەی گەرمی وەکو نەخشەیەک لە کات دەخاتە بەردەست.

لەماوەی یەک ملیاردەمی چرکە دوای بیگبانگی سەرچاوەیی، پلەی گەرمی گەردوون لە $10^{16}K$، زیاتر بووە یان بەپێی وزە دەکاتە TeV١. لە وەها وزەیەکدا تەنۆلکە و دژەتەنۆلکە خەڵق دەبن، بەو فۆرمە سەمەرانەشەوە کە لە ئیمڕۆدا زۆر باو نین. زۆرترینی ئەمانە زۆر بەخێرایی تیاچوون و تیشکیان لەگەڵ زۆرترینی تەنۆلکە بنچینەییەکانی وەکو ئەلیکترۆن و کوارکە دەربازبووەکان بۆ دروستبوونی مادەکانی ئەمڕۆ، دەستەبەر کرد.

لەگەڵ هەڵکشانی تەمەنی گەردووندا بەخێرایی ساردبووەوە. لەماوەی یەک لەسەر ملیۆنمی چرکەدا کوارکەکان بەشێوەی سیانی بوون بەهێشوو کە تاوەکو ئێستا

مـاونەتەوە. بەم شـێوە پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان لەدایکبـوون. دوای نـزیکەی ٣ خـولەک پـلەی گەرمـی دادەبەزێـت بـۆ $10^{10}K$یـان بە پێی وزە ١MeV . ئەم سـاردبوونەوەیە بەسـە بـۆ ئەوەی پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان پـێکەوە بنوسـێن و تـۆوی نـاوکیی تـۆخمە ئەتۆمییەکـان بچێـنن (هێشـتا لە بەردەوام بووندایە). ژمارەیەکی کەم لە ناوکەکانی ئەمڕۆ وەکو هیلیۆم و ژمـارەیەکی کەم لە بیریلیـوم(beryllium) و بـۆرۆن(boron) دروسـتبوون. پرۆتۆنەکـان سـادەترین و هاوسـەنگترین بوونەکانە کە باوترینین و لەژێر کاریگەریی هێزی کێشکردندا لەنـاو تۆپە گۆیینەکاندا دەبن بەهێشـوو کە ئێمە پێیـان دەڵێین ئەستێرە. لێرەدا بوو ناوکی توخمە قورسـەکان لەمـاوەی چەند ملیـارد سـاڵدا دروسـتبوون. لەبەشـی ٩دا باسـی ئەوە دەکەم چـۆن پرۆتۆنەکـان لەم ئەسـتێرەگەلەدا دەکەون لەیەک و دەبـن بەهێشوو و بەڕێگەی زنجیـرەیەک لە پرۆسـەکان تۆوی نـاوکی توخمە قورسـترەکان دروسـت دەکەن، کە یەکەمیـان هیلیـۆمە و لە کۆتاییـدا هەنـدێک لە قورسـترینەکەیان کە بـریتیین لە ئۆکسیجین، کاربۆن و ئاسن. کاتێک ئەم ئەسـتێرانە دەتەقنەوە و دەمـرن ئەم تـۆ ناوکییـانە دەردەپـڕنە دەرەوە بـۆ نـاو گەردوون، کە سـەرچاوەی کـاربۆنەکەی پێسـت و ئۆکسجینەکەی هەوایە.

خۆر لە یەکەم بەشـی ئەم چیرۆکەدایە. بۆمـاوەی ٥ ملیـارد ساڵە پرۆتۆنەکان دەگۆڕێن بە ناوکی هیلیۆم و تا ئێستا نیوەی سـوتەمەنییەکەی بەکارهێنـاوە. پـلەی گەرمـی نـاخەکەی بەنزیکەیی هەمان پلەی گەرمی گەردوونە، ئەویش کاتێک تەنها چەند خولەکێک تەمەنی بوو. هەر بۆیە ئەو کـارەی خۆر ئێستا دەیکا هەمان کارە کە گەردوون لەکاتێکی زۆر پێشتردا دەیکرد.

ئەتۆم نـاكرێ لەقـولایی خـۆر ڕزگـاری بێـت، وەكـو چـۆن نەیـدەتوانی لەسـەرەتای گەردوونیشـدا ڕزگـاری ببێت. تـاوەكو ٣٠٠٠٠٠ سـاڵ دوای بیگبانـگ كە گەردوون بەڕادەی پێویسـت ساردبووەوە و ناوكەكان توانیـان ئەلیكتـرۆنە سـەرگەردانەكان بگرن و ببن بە ئەتۆم نەهاتنە ئاراوە. ئەمە بوو هۆكاری هەموو ئەو شتانەی لە ئیمڕۆدا لەسەر زەوی هەن.

بەشی سێیەم

چۆن تێدەگەین شتەکان پێکهاتەیان هەیە و چۆن دەیاندۆزینەوە

ئامێرەکـانی وەکـو مایکرۆسـکۆپ و تاودەرەکـانی تەنـۆلکە تواناییـان پێـداوین بینینەکانمـان بـبەین بـۆ ئەودیـوی بینینـی ڕوونـاکی ئاسـایی و جیهـانی وردی نیمچە ئەتۆمی ببینین. ئەمە پەردەی لەسەر نهێنی ڕێسـە و بونیـادی ئەتـۆم، واتە ئەلیکترۆنەکـان، تەنـۆلکە ناوکییەکان و کوارکەکان لاداوە.

وزە و شەپۆل

بۆ دۆزینەوەی ئەوەی شتێک لەچی دروستبووە، دەکرێ ئەم کارە بکەی (a) سەیری بکە؛ (b) گەرمی بکە و بزانە چی ڕوودەدا؛ یـان (c) بەهێـز بەتەواوەتـی وردی بـکە. هەڵەتێگەیشـتنێکی بـاو هەیە کە ئەمەی دوایـی فیزیـای وزەی بەرز یـان تەنـۆلکە ئەنجـامی دەدا. ئەم ڕسـتە لەو ڕۆژانەوە

مـــاوەتەوە کە تاودەرەکـــانی تەنـــۆلکە بە "شـــکێنەری ئەتـــۆم"
دەناسران. ئەمە شتێک بووە، کە بەمێژوویی هـاتووەتە ئاراوە،
بەڵام لە ئیمـــڕۆدا ئامـــانج و میتۆدەکـــان زۆر ئـــاڵۆزترە. دواتـــر
دەگەڕێینەوە بۆ سەر وردەکارییەکان، بەڵام وەکو دەستپێک، با
چڕبینەوە لەسەر سێ بەربژێری ئاماژە پێکراو. هەمـوو ئەوان
لە لایەنێکدا هاوبەشن: هەموویان وزە بەکاردەهێنن.

لەبـاری گەرمکردندا، پێشـتر بینیمـان چۆن پلەی گەرمـی و
وزە پـــــێکەوە گرێـــــدراون($10^4K = 1eV$). تەنـــــانەت لە
سەیرکردنی شتەکاندا وزە ڕۆڵ دەگێڕێت.

تـۆ ئەم وشـانە دەبینیـتم چـونکە ڕوونـاکی دەکەوێـت لەم
لاپەڕە و دەگـوازرێتەوە بـۆ چاوەکانـت؛ ئایـدیای گشـتی لێرەدا
بـریتییە لەوەی سـەرچاوەیەکی تیشـک (ڕوونـاکی) لەئـارادایە و
تەنێک، کە لە ژێر پشکنینداییە و (لاپەڕەکە) و هەستەوەرێک (کە
چاوی تۆیە). لەنـاو وەسـتێنەرێکی ڕوونـاکی تەواودا بە میلیۆن
ئەتـــۆمی کـــاربۆن هەیە و تـــۆ هەرگیـــز توانـــای ئەوەت نابێـــت
تەنانەت بە بەهێزترین چاویلکەکانیش بیانبینی. ئەوان بچووکتر
لە درێژەشـەپۆلی ڕوونـاکی بینـراون و نـاکرێ لە چـاویلکەیەکی
گەورەکردنەوە یان مایکرۆسکۆپدا ببینرێن.

ڕوونـــاکی شـــێوازێکی تیشـــکدانەوەی کارۆموگناتیســـییە.
چاوەکانمـــان تەنهـــا بەشـــێکی بچـــووکی هەمـــوو شـــەبەنگە
کارۆموگناتیسییەکە هەستپێدەکات؛ بەڵام هەموو بەشەکانیتری
بە ئامێرەتایبەتەکان دەکرێ هەسـتی پێبکرێت. ڕوونـاکی بینـراو
بەهێزتـــرین تیشـــکە کە لە خـــۆرەوە دەردەچێـــت و چاوەکـــانی
مرۆڤ بەشـێوەیەک پەرەیسـەندووە، تەنهـا ئەم مەودا تـایبەتەی
شەبەنگی خۆر ببینێت. هەمـوو شـەبەنگی بڵاوەبووی ڕوونـاکی
لێرەدا دەکرێ لەگەڵ دەنگ بەراورد بکرێت. ئۆکتـاڤێکی تـایبەتی
دەنـــگ بـــریتییە لە نیـــوەی درێژەشـــەپۆل (یـــان دوو هێنـــدەی

لەرەلەرێــک)ی نۆتێــک، واتە نــۆتێکی بــۆ نمــونە ٤٤٠Hzی ئۆکتـاڤەکەی بریتیی دەبێت لە ٨٨٠Hz. هەر بەوشـێوە کۆڵکە زێـڕینەی ڕوونــاکی ئۆکتـاڤێکی ڕوونــاکی دەبێــت. کاتێـک لە سوورەوە بەرەو شین دەڕۆی، درێژەشەپۆلەکە دەبێت بە نیوە، درێژەشــەپۆلی شــین نیــو هێنــدەی ڕوونــاکی ســوورە (یــان بەهاوتــایی لەرەلەری بوارەکــانی موگناتیســی و کارەبــایی کە هـاتوچۆی پێدەکەن، لە شـیندا دوو هێندەی سـوورە). شـەپۆلی کارۆموگناتیسـیی لەهەردوو ئاڕاسـتەکەدا دەکشـێت. لەودیـوی سنووری شینەوە- تیشکەکانی سەروبنەوشـەیی، گورزەکانیX و تیشـــکەکانی گامـــا هەن- درێژەشـــەپۆلەکان کـــورتترن لە درێژەشـەپۆلی کۆڵکە زێـڕینە؛ بەپـێچەوانەوە، لەدرێژەشـەپۆلی درێژتـــر و لە ئاڕاســـتەی پـــێچەوانەدا، ئەودیـــوی ســـوور، تیشکەکانی ژێرسوور، مایکرۆشەپۆل و شەپۆلی ڕادیۆیی هەن.

ئێمە دەتوانین شـەبەنگی کارۆموگناتیسـی لەودیوی کۆڵکە زێڕینەدا هەست پێبکەین؛ چاوەکانمان ژێرسوور نابینێت، بەڵام ڕوبەری پێســـتمان هەســـت بەگەرمـــاکەی دەکـــات. کـــامێرا نوێیەکــانی ژێــر ســوور دەکــرێ شـــەوگەڕەکان بەهــۆی ئەو گەرمایەی دەیدەنەوە هەستپێبکات. ئەوە مرۆڤی بلیمەت بووە بە دروسـتکردنی ئامێرەکـان توانیـویەتی توانامـان بـۆ بینینـی هەمــوو مەودای کارۆموگناتیســی فراوانتــر بکــات، بەم شــێوە پەردەی لەسەر قوڵترین ڕاستییەکانی سروشتی ئەتۆم لادا.

نەتوانینمــان بــۆ بینینــی ئەتۆمەکــان دەگەڕێــتەوە بــۆ ئەو ڕاســتییەیی کە ڕوونــاکی وەکــو شــەپۆل کــردار دەکــات و ئەم شـــەپۆلانە کاتێـــک دەکەون لە شــــتە بچووکەکـــان نـــاکرێ بڵاوببنەوە. بۆ بینینـی شـتێک درێژەشـەپۆلی گـورزەکە دەبێت بچووکتر بێت لەقەبارەی ئەو شتە. بۆیە بۆ بینینی مۆڵکیوڵ یان ئەتۆمەکــان دەبێــت بە درێژەشــەپۆلێک ڕوونبکــرێنەوە کە بە

گەورەیی ئەوانن یان بچووکترن. شەپۆلەکانی ڕووناکی، واتە ئەوەی چاومان پێی هەستیارە، درێژەشەپۆلەکەیان بەنزیکەیی 10^{-7} مەترە (یان بە واتایەکی تر ۱۰ هەزار درێژەشەپۆل دەبن بە ۱ میلی مەتر). ئەمە هێشتا یەک هەزار جار گەورەترە لە قەبارەی ئەتۆمێک. بۆ ئەوەی هەست بە قەبارەی ئەمە بکەیت، تەسەوری بکە جیهان دەملیۆن جار گەورەتر بکرێتەوە، ئەوکات درێژەشەپۆلێکی ڕووناکی کە دەملیۆن جار گەورە بکرێتەوە لە مرۆڤێک گەورەتر دەبێت، لە کاتێکدا قەبارەی ئەتۆمێک تەنها دەبێت بە ۱ میلی مەتر، کە زۆر بچووکترە لەوەی تەنانەت شەپۆلی شین هەستی پێبکات. بۆ ئەوەی بەختی ئەوەمان هەبێت ئەتۆم و مۆلکیولەکان ببینین دەبێت درێژەشەپۆلی ڕووناکی زۆر کورتتر لەوەی ئێستا بێت. ئێمە ناچارین بچینە ئەودیوی ئاسۆی درێژەشەپۆلی شین و بچینە ناوچەی تیشکی X و ئەولاتریش.

تیشکی X هەر ڕووناکییە بە درێژەشەپۆلی کورتترەوە، کە دەکرێ لە هەر ڕیسەیەکی ڕێکوپێکی ئاستی مۆلکیولی پەرش ببنەوە، بۆ نموونە ئەو ڕیسا و بونیادانەی لە کریستاڵەکاندا هەن. درێژەشەپۆلی X یش گەورەترە لە قەبارەی ئەتۆمە تاکەکان، هەر بۆیە هێشتا هەر کەسنەبین و نەشیاوبۆبینینی ڕاستەوخۆن. بەهەرحاڵ مەودای نێوان ڕووبەرە دراوسێییەکان لە ڕیزکراوێکی ڕێکوپێکی کریستاڵەکاندا نزیکە لە درێژەشەپۆلی تیشکی X، هەر بۆیە دەکرێ لەناو کریستاڵەکاندا شوێنی ڕێژەییەکەیان دیاریی بکرێت. ئەمە ناسراوە بە کریستالۆگرافی گورزەی X.

دەکرێ بە بەراورد کردن لەگەڵ شەپۆلەکانی ئاو باشتر لە شەپۆلەکانی موگناتیسیی تێبگەین. ئەگەر بەردێک بهاویتە ناو ئاو وردە شەپۆل دروست دەبێت. ئەگەر تۆ وێنەی ئەمە ببینی

لەڕێوە دەتوانی بگەیت بەو ئەنجامەی کە بەردێک هەیە. ئەگەر ژمارەیەکی زۆر بهاویتە ناو ئاوەکە ژمارەیەکی زیاتر بەرز و نزمی لە ئاوەکەدا دروست دەبێت و لەگەڵ یەکتردا بەیەکداچوون دەکەن و شێوازەکە زۆر ئاڵۆز دەبێت. لەوێنە و شێوازی وەرگیراوەوە دەکرێ، هەرچەند تارادەیەک بە زەحمەتتر ئەنجامگیری بکەیت، کە هەنێ بەرد هاوێژراوەتە ناو ئاوەکە. کریستالۆگرافی تیشکی X هەڵگری چەندین شەپۆلی پرشەوە بوو لە ژمارەیەک تۆیی ڕێکوپێک لەناو کریستاڵەکەدایە، دەکرێ وێنەی شێوازەکە بکرێتەوە و ڕێسەی هێڵە کریستاڵییەکە دەرکەوێت. بەم ڕێگە ڕووخسار و فۆرمی مۆلکیولی زۆر ئاڵۆزی وەکو DNA دیاریکراوە.

بۆ بینینی ئەتۆمە تاکەکان ئێمە تەنانەت درێژەشەپۆلی زۆر کورتترمان پێویستە و دەکرێ ئەمە نەتەنها ڕووناکی، بەڵکو گوررزەی تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن بێت. ئەمە هەندێک ئەنجامی تایبەتی ئەو بابەتەیە کە بارگەی کارەبایی و هتد دەکرێ بە بوارە کارەباییەکان تاوبدرێت و بەم شێوە بڕێکی زۆر وزە بەرهەم بێت. ئەمە تواناییمان دەداتێ کە بۆ مەودای زۆر کورتتریش بڕۆین، بەڵام بۆ تێگەیشتن لەمە پێویستە تۆزێک لابدەین و بزانین وزە و درێژەشەپۆل چ جۆرە پەیوەندییەکیان پێکەوە هەیە.

یەکێک لە گەورەترین دۆزینەوەکانی تیۆریی کوانتەم بریتییە لەوەی تەنۆلکەکان دەکرێ سیفەتی شێوە شەپۆلییان هەبێت، بەپێچەوانەوەوە شەپۆلەکان دەکرێ وەکو بوخچەی گوشراوی تەنۆلکە بن، کە ناسراون بە کوانتا 'quanta'. بەم شێوە شەپۆلی کارۆموگناتیسیی دەبێت لێشاوێک لە تەنۆلکە-فۆتۆنەکان-بێت. وزەی هەر تاک فۆتۆنێک گرێدراوە بە

لەرەلەری(ν) لەرینەوەی بوارەکانی کارەبا و موگناتیسی شەپۆلەکەوە، کە بەم شێوە دەردەبڕدرێت :

$$E = h\nu$$

درێژیی شەپۆلێک(λ) و لەرەلەرەکەی و ئەو لوتکانەی کە لەخاڵێکی دیاریکراوەوە تێدەپەڕن بەگوێرەی خێراییەکەیان، c، پێکەوە پەیوەندییان هەیە، بەپێی $\nu = c/\lambda$ دەتوانین پەیوەندی لە نێوان وزە و درێژەشەپۆل دروست بکەین.

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

نەگۆڕی گرێدراوی یەکسانە بە $hc \sim 10^{-6} eVm$. ئەمە توانامان دەداتێ ڕێسای خێرا و بەنزیکەیی بەکاربهێنین: ١eV گرێدراوە بە $10^{-6}m$ و هتدوە.

وزە ENERGY	درێژەشەپۆل Wavelength (m)
1eV	10^{-6}
1keV	10^{-9}
1MeV	10^{-12}
1GeV	10^{-15}
1TeV	10^{-18}

وێنەی ٥ .وزە و درێژەشەپۆلە بەنزیکەییەکان

دەکرێ لەگەڵ پێوەندی نێوان وزەو پلەی گەرمی لە بەشی ٢دا بەراوردی بکەیت و پەیوەندی لە نێوان وزەو پلەی گەرمی بدۆزیتەوە. ئەمە ڕوونی دەکاتەوە چۆن تەنەکان لە پلەی گەرمیی جیاوازدا بەدرێژەشەپۆلی جیاواز تیشک دەدەنەوە:

تەنی گەرمتر درێژەشەپۆلەکەی کورتترە. بۆ نموونە کاتێک تەزوو لە تەلی هیتەر یان گڵۆپەوە تێپەڕ دەبێت، سەرەتا گەرما لە فۆرمی ژێرسوور دەداتەوە - و لەگەڵ گەرمتربوونی بۆ هەزار پلەی سەدی یان زیاتر تیشکی ڕووناکی بینراو دەداتەوە و ژوورەکە ڕووناک دەکاتەوە. گازە گەرمەکانی نزیک لە خۆر دەکرێ تیشکی X بدەنەوە؛ هەندێک لە ئەستێرە زۆر گەرمەکان تەنانەت تیشکی گاما دەدەنەوە.

بۆ پشکنینی قوڵایی ئەتۆمەکان پێویستیمان بە سەرچاوەی درێژەشەپۆلی زۆر کورتە. چونکە ناکرێ لە تاقیگەدا ئەستێرە دروستبکەین کە تیشکبداتەوە، ڕێگەیەکی تر بریتییە لە بەکارهێنانی تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن و پرۆتۆن و خێراکردنیانە لە بوارە کارەباییەکاندا. خێرایی بەرزتری ئەوان بەواتای گەورەترکردنی وزە و تەوژم و لەهەمانکاتدا کورتترکردنەوەی درێژەشەپۆلی پەیوەندیدارە. بۆیە گورزەی تەنۆلکەی خێرایی بەرز دەکرێ بۆ پشکنینی ئەتۆمەکان بەکاربێت. دەتوانین بەهەر ڕادە بمانەوێ مەودا کورت بکەینەوە؛ بۆ ئەو کارە ناچارین خێرایی تەنۆلکەکان زۆر خێرابکەینەوە و وزەی زیاتر و زیاتریان پێبدەین بۆ ئەوەی درێژەشەپۆلی کورتترمان دەسکەوێ. بۆ دەستڕاگەیشتن بە مەودای دووری $10^{-15}m$ لە ئاستی ناوکی ئەتۆمدا، واتە وزەیەکمان پێویستە لە ئاستی GeV دا بێت. ئەمە ئەو ئاستە لە وزەیە کە پێی دەڵێین فیزیای وزەبەرزەکان. بەڕاستی کاتێک لە ناوەڕاستی سەدەی بیستەم بوارەکە دەستی پێکرد، GeV لەسنووری تەکنەلۆژیا لەدەستڕەسیدا بوو.

لە کۆتایی سەدەی بیستەم، وزەی چەندسەد GeV ئاسایی بوو و ئێستا ئێمە دەچینە ناوچەی ئاستی وزەی TeV کە دەکرێ بۆ پشکنینی مەودای $m10^{-18}$ بەکاربێت. بۆیە کاتێک

دەڵێین ئەلیکترۆن و کوارکەکان ڕێسەی قوڵتریان نییە، لە ڕاستیدا تەنها دەتوانین بڵێین "لانیکەم لە ئاستی $m10^{-18}$ دا" نیانە. لەوانەیە لەمەودای کورتتر لەمەدا ئاستی قووڵتر هەبێت، بەڵام لەدەرەوەی توانایی ئێستاماندایە تاوەکو بتوانین لە تاقیگەدا بیپشکنین. هەربۆیە هەرچەند من بە درێژیی ئەم کتێبە باسی ئەم بوونانە وەکو پارچەی کۆتایی دەکەم، بەڵام ئەمە لە زیهنتدا ڕابگرە: ئێمە تەنها دەزانین سروشت لە مەودای گەورەتر لە $10^{-18}m$ دا چۆن کار دەکات نەک لەمەودای بچووکتر.

تەنۆلکە تاودراوەکان

ئایدیای تاودەرەکان لە بەشی ٥ دا باس دەکرێت، بەڵام بۆ ساتێک با باسی ئەوە بکەین چی پێویستە. بۆ تاودانی تەنۆلکەکان بەرەو وزەی دەیان یان هەزاران GeV فەزای زۆر پێویستە. بەتەکنەلۆژیای سالانی ناوەڕاستی سەدەی بیستەم دەکرا هەرکام لە ئەلیکترۆنەکانی ناو گورزەیەک، بۆ نموونە، بۆ نرخی دەیان MeV لە مەتردا تاو بدرێن. بۆ ئەو مەبەستە لە ناوەندی تاودەری هێڵەکی ستانفۆرد(SLAC) لە کالیفۆرنیا، تاودەرێک دامەزاروە کە درێژییەکەی ٣ کیلۆمەترە و دەتوانێ ئەلیکترۆنەکان بۆ GeV ٥٠ تاوبدات. لە ناوەندی سێرن(CERN) لە ژنێڤ کە ئەلیکترۆنەکان لەسەر بازنەیەک بەدرێژیی ٢٧ کیلۆمەتر ئاڕاستە دەکرێن، دەتوانن بگەن بە وزەی GeV١٠٠. پرۆتۆنەکان زۆر قورسترن، بوخچەی زۆر گەورەترن، بۆیە پێویستییان بە تاودەری گەورەترە بۆ ئەوەی تاوبدرێن. لە کۆتاییدا پەیوەندییە کوانتەمییەکەی لەنێوان مەودا کورتەکاندا، پێویستی بە هەبوونی درێژەشەپۆلی کورتترە بۆ پشکنینیان و گورزە وزەبەرزەکان کە دژبەیەکی (پارادۆکسی)

هەبوونی مەشینی بەردەوام گەورەتری بۆ پشکنینی مەودا زۆر کورتترەکانی لێدەکەوێتەوە.

ئامانجی سەرەتایی ئەم تاقیکردنەوانە پشکنینی ناخی ناوکی ئەتۆمە بەڕێگەی لێدانی گورزەی تەنۆلکە وزەبەرزەکان. وزەی تەنۆلکەکان ناو گورزەکە زۆر گەورەیە (لەئاستی ئەو وزەدایە لەناو ناوکدا تەنۆلکە ناوکییەکان (ناوکۆکەکان) پێکەوە ڕادەگیرێن)، وەکو ئەنجام گورزەکە دەکرێ ئەتۆم ورد بکات و تەنۆلکەی لێ جیابکاتەوە و پارچەی بکات و تۆوی تەنۆلکەی نوێ بچێنێت. ئەمەیە هۆی ئەوەی لە پێشدا پێیان دەگوت شکێنەری ئەتۆم(atom smashers). لە ئێمڕۆدا ئێمە کاری زیاتر لەوە دەکرێ بکەین و ئەو ناوە وەلا نراوە.

ئەلیکترۆن و پرۆتۆن

تەنۆلکە بارگاوییەکان کە پێکهێنەریی ئەتۆمن بریتین لە ئەلیکترۆن و پرۆتۆن. هایدرۆجین سادەترین توخمە کە پێکهاتووە لە ئەلیکترۆنێکی تەنها (بەبارگەی نێگەتیڤەوە)و پرۆتۆنێک بەهەمان بڕی بارگەوە، هەڵبەت پۆزەتیڤ. بەم شێوە، هەرچەند ئەتۆمێک بەگشتی لەباری بارگەدا بە نیوترا واتە بێبارگە هەژمارد دەکرێت (زۆرترینی مادە کۆمەڵەکانی دەوروبەریشمان بەهەمان شێوەن)، بەڵام لە ناوەوە هەڵگری بارگەی پۆزەتیڤ و نێگەتیڤە. ئەم بارگانە و لەئەنجامدا هێزە موگناتیسی و کارەباییەکان کە هەستی پێدەکەن ئەتۆمەکان پێکەوە دەبەستێتەوە بۆ پێکهێنانی مۆلکیول و کۆمەڵە مادە. قسە لەسەر هێزەکانی سروشت لەبەشی ٧دا دەکەین. لێرەدا ئێمە چڕدەبینەوە لەسەر تەنۆلکە بارگە کارەباییەکان و چۆنیەتی بەکارهێنانیان وەکو ئامرازێک بۆ پشکنینی ڕیسەی ناوکی و ئەتۆمی.

گورزەکانی ئەلیکترۆن لەسەدەی نۆزدەهەم بەکاردەهێنرا، هەرچەند کەس نەیدەزانی چین. کاتێک تەزووی کارەبایی لە گازێک بە پەستانی زۆر نزمەوە تێپەڕ دەبێت، گورزەیەکی تەنکی شێوە قەڵەم ڕەساس دەبینرێت. یەکێک لە نموونە ئاشناکانی ئەم ئامێرانە لە تەلەفزیۆنە مودێرنەکاندا [سەدەی بیستەم] دەبینرێن، لەودا کاسۆد(cathod) بریتییە لە تەلێکی زۆر گەرم کە لەپشتەکەیدایە و گورزەی ئەلیکترۆنەکانی لێوە دەردەچێت و دەدا لە شاشەیەک.

زۆر سەرسامکەر بوو کاتێک لە سەدەی نۆزدەهەمدا بینرا گورزەکان لە مادەی ڕەقەوە تێپەڕ دەبن، وەکو ئەوەی هیچ نەبێت. ئەمە دژبەیەکی و پارادۆکس بوو: مادەیەک کە ڕەقە لە ئاستی ئەتۆمیدا شەفافە. فیلیپ لینارد(Phillipp Lenard) کە ئەمەی دۆزییەوە، ئاماژەی کرد بەوەی کە "فەزای داگیرکراو بەهۆی قوتویەکی پلاتنیومی ڕەقەوە، فەزایەکی بەتاڵە وەکو فەزای بەتاڵی نێوان ئەستێرەیی لەدەرەوە زەوی". ئەتۆمەکان لەوانەیە بەزۆری فەزای بەتاڵ بێت، بەڵام هەندێک شت کە پێناسەیان دەکەن بارستایی بە شتەکان دەدەن.

لەسەرەتای سەدەی بیستەم، بەهۆی کارەکەی ئێرنیست ڕازێرفۆردەوە(Ernest Rutherford) ڕوون بووەوە کە ئەم بابەتە زۆرترە لە فەزایەکی سادە. ئەمە دوای دۆزینەوەی ئەلیکترۆن و ڕادیۆئاکتیڤیتی، ئامرازی سەرەتایی بۆ دەرخستنی ڕێسەی ئەتۆم دەخەنە بەردەست.

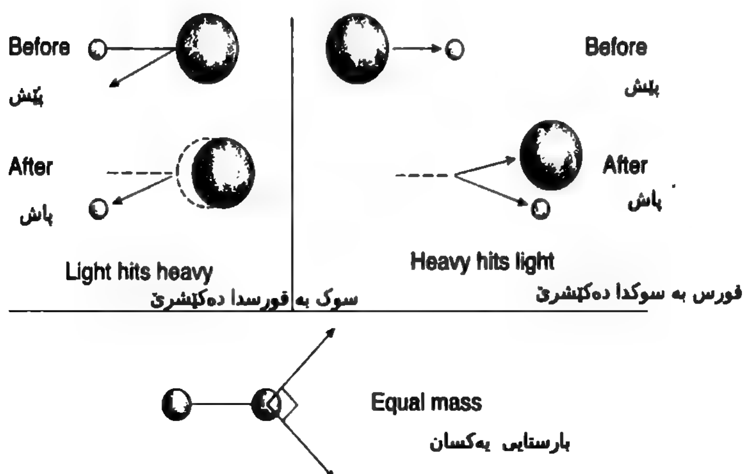
ئەلیکترۆن لەلایەن تامسۆن(J. J. Thomson)وە لەساڵی ١٨٩٧ دۆزرایەوە و وەکو پێکهاتەیەکی بنچینەیی توخمە ئەتۆمییەکان ناسێنرا. بارگەکەی نێگەتیڤە و لەو کاتەوە زەوی هەیە لەناو ئەتۆمەکاندا بووە. ئەوان بەئاسانی لە ئەتۆم دەردەهێنرێن و تەنها پلەی گەرمی چەند هەزار پلەیەکی

سەدییان پێویستە. بوارە کارەباییەکان تاویان دەدەن، وزەیان دەدەنێ و بەم ڕێگە توانایی بە گورزەکانی ئەلیکترۆنە وزەبەرزەکان دەدەن، تاوەکو پشکنین بۆ ڕیسەکانی ئاستی زۆر بچووک بکەن.

تەنۆچکەیەکی ئەتۆمیی تریش هەیە، کە پرۆتۆنە. پرۆتۆن بارگە کارەباییەکەی پۆزەتیڤە، لە بڕی بارگەڕدا بە هەمان ڕادەی بارگەی نێگەتیڤی ئەلیکترۆنە، بەڵام لە بارستاییدا بەڕادەیەکی زۆر لە پێشە، ٢٠٠٠ جار قورسترە. پرۆتۆنەکانیش بەربژێرن بۆ پشکنینە نیمچە ئەتۆمییەکان، بەڵام بەشێوەی سەرەتایی بریتییە لە بوونە بارگاوییە کارەباییەکان کە پێشتر بەکارهێنرا بوو، کە بریتی بوو لە تەنۆلکەی ئاڵفا.

لە ئێمڕۆدا دەزانین ئەمە ناوکی ئەتۆمی هیلیۆمە؛ بوخچەیەکە لە دوو پرۆتۆن و دوو نیوترۆن، کە بارگەکەی پۆزەتیڤە و چوار جار قورسترە لەتاک ئەتۆمێکی هایدرۆجین. هۆی ئەوەی ئەمەیان سەرەتا پەیدابوو بۆ ڕادیۆئاکتیڤ بوونی توخمە قورسەکان دەگەڕێتەوە، کە بە شێوەی خۆبەخۆ تەنۆلکەکانی ئەڵفا دەردەن و بەم شێوە سەرچاوەیەکی خۆڕایی بۆ پشکنین بە تەنۆلکە بارگاوییە کارەباییەکان دەخاتە بەردەست. ناوکە قورسەکان پێکهاتوون لە ژمارەیەکی گەورەی پرۆتۆن و نیوترۆن کە تۆزێک بەلاوازی پێکەوە گرێدراون و دیاردەی ڕادیۆئاکتیڤیتی ئاڵفا بە دەرکردنی تۆپەڵەیەکی بچووک لە دوو پرۆتۆن و دوو نیوترۆن هاوسەنگی بۆ ناوکێکی قورس دەگێڕێتەوە. باسی وردەکاری ئەم بابەتە لێرەدا ناکەین، تەنها بەسە پەسەندی بکەین، تەنۆلکەی ئاڵفا بە جووڵەوزەوە دەردەچن و دەکرێ بکێشرێن بە مادەکانی دەوروبەردا. بەم ڕێگەبوو ئێرنیست ڕازێرفۆرد و

یاریـــدەدەرەکانی گـــایگەر(Geiger) و مارســـدن(Marsden) یەکەمجار ناوکی ئەتۆمیان دۆزییەوە.



وێنەی٦. ئەنجامی بەرکەوتنی تەنە سـوک و قورسـەکان کاتێک دەکێشرێن بەئامانجی سوک یان قورسدا.

کاتێک تەنۆلکەکانی ئەلْفا لە ئەتۆمەکان دەکەون، هەندێکجار بەتووندی بڵاودەبنەوە، تەنانەت برێکیان بۆ دواوە دەگەڕێنەوە. ئەمە ئەو شتەیە کاتێک بارگە پۆزەتیڤەکانی تـوخمێکی قورسـی وەکو زێڕ لەناوەندێکی چڕدا خڕبووبێتنەوە ڕوودەدا. ئەلْفا کە بارگەکەیـــان پـــۆزتیڤە لەلایەن نـــاوکە ئەتـــۆمییە بـــارگە پۆزیتیڤەکانەوە دوور دەخرێنەوە؛ وەکو چۆن شتێکی سوک لە نموونەی تۆپی تنیس کاتێک دەکەوێت لە تۆپێکی قورسـتر بۆ نموونە تۆپی فۆتبۆڵ دەگەڕێتەوە، تەنۆلکەکانی شـێوە ئەلْفاش لەلایەن ناوکە قورسەکانی زێڕەوە دەگەڕێنرێنەوە.

ئەڵفاکان زۆر سوکترن لە ناوکی زێڕ، بەڵام قورسترن لە پرۆتۆن، واتە لە ناوکی ئەتۆمی هایدرۆجین. هەربۆیە ئەگەر تەنۆلکەکانی ئەڵفا بەرەو هایدرۆجین بهاوێژرێن، بارودۆخەکە وەکو تۆپی فوتبۆڵی لێدێت کاتێک لە تۆپێکی سوکی تێنس دەدرێت. لەوەها بارودۆخێکدا تۆپە فوتبۆڵەکە لە ئاڕاستەکەی خۆیدا دەڕوات و تۆپە تێنسیەکەش لەهەمان ئاڕاستەی گشتیدا بەرخۆی دەدا. بۆیە کاتێک تەنۆلکە تاڕادەیەک قورسەکان دەکەون لە پرۆتۆنەکانی هایدرۆجین، پرۆتۆنەکان بەرەو پێشەوە دەردەپەڕن. ئەمانە بەهۆی ئەو شوێنپێیەی لەدوای خۆیان لە ژووری هەور بەجێی دەهێڵن دەردەکەون و تۆماریش کراون (سەیری بەشی ٦ بکە).

بەرێگەی ئەم تاقیکردنەوانە لەسالانی سەرەتای سەدەی بیستەم، ئایدیا بنچینەکان سەبارەت بە ناوکی ئەتۆمی بنیادنران. بەکورتی: ڕێگەکانی بڵاوبوونەوەی تەنۆلکەکانی ئەڵفا لە ئەتۆمەکانەوە یارمەتیدەر بووە، وێنەی ئەتۆم کە پێشتر هەرگیز نەبینرابوو بنیاد بنرێت: بارگەی پۆزەتیڤ لەناو ناوەندێکی ڕەقدا چڕبووەتەوە-بەناوی ناوکی ئەتۆمییەوە- لەکاتێکدا نێگەتیڤەکان کە ئەلیکترۆنەکانن لەدوورەوە بەدەوریدا دەسوڕێنەوە.

بەشێوەی سروشتی تەنۆلکە ئاسایەکانی ئەڵفا زۆر چڕ و ڕەق و سمێنەر نیین. ئەوان لەناوکە قورسەکانەوە دێن و جووڵەوزەکەیان تەنها چەند MeV ێکە، یان بەهاوتایی تەنها چەند MeV/cێک بەپێی تەوژمە و تەنها دەتوانن پشکنین بۆ مەودای گەورەتر لە بەنزیکەیی $10^{-12}m$ بکەن. ئەم قەبارانە بچووکترن لەو ئەتۆمانەی ئەم تەنۆلکانە پێکدەهێنن بۆیە سوودمەندن، بەڵام هێشتا زۆر گەورەترن لە $10^{-14}m$ کە گەورەترە لە ناوکێکی گەورەی وەکو ناوکی ئەتۆمی زێڕ.

وایـدابنێ قەبـارەی پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان تەنهـا $10^{-15}m$ مەتـر بێـت کە ئاوێتەبوونیـان نـاوکە ئەتۆمییەکـان دروسـت دەکەن، بۆیە هەرچەند ئەڵفاکان بۆ دۆزینەوەی ناوکی ئەتۆم باش بوون، بەڵام بۆ بینینی ناوکی ناوک گورزەی پروزەتر پێویستبوو.

به لەبەرچاوگرتنی ئەمە وەکو ئامـانج، ئێستا گەیشتووین بەسـەرەتای فیزیـای مـودێرنی وزەی بەرز. سـاڵی ١٩٣٢ بە دروسـتکردنی یەکەم تـاودەری تەنۆلکەی بارگە کارەباییەکـان لەلایەن کۆکرۆفـت(Cockroft) و والتـۆن(Walton) وە ئەم بوارە دەستی پێکرد. دەکرێ گورزەکانی ناوکی ئەتۆمی بەکار بهێنرێت، لەکاتێکدا بەڕاستی ئەمـانە شکێنەری ئەتۆمن (یـان دروستتر شکێنەری نـاوکن) کە یارمەتیدەرە بۆ دیاریکردنی شێوازی ئایزۆتۆپە ناوکییەکان (فۆرمگەلێک لە هەمان توخم کە هەڵگـری ژمـارەیەکی یەکسـان پرۆتـۆنن، بەڵام ژمـارەی نیوترۆنەکانیـان جیـاوازە) و وردەکارەکانیـان و دەسـکەوتنی ڕوونترین زانیاری سەبارەت بە پێکهاتە بنچینەییەکەیان کە بە سادەترین گورزەکان دەکرێ دەسبکەوێت. بۆ نموونە ناوکێکی کاربۆنی ئاسایی هەڵگری ٦ پرۆتۆن و بە ژمارەیەکی یەکسان نیوترۆنە. کاتێک دەکێشرێ بەناوکێکی تردا ژمارەیەکی زۆر بەرهەم دروسـت دەبێـت کە هەنـدێکیان لە گورزەکـانی کاربۆنەوە دێن و هەندێکیتریشیان لە ئامانجەکەوە دێن. ئەمە لێکـدانەوەی ڕوون قـورس دەکـات. زەحـمەتە گـورزەییەکی خـاوێن تەنهـا لە پرۆتـۆن پێکهاتبێت؛ بـارودۆخەکە ئـاوا بـوو، هەرواش ماوەتەوە و ڕێگەیەکی سـەرەکییە بۆ پشکنینی ناوک و مەوداکان لە ئیمڕۆدا و دابەزیوە بۆ $10^{-19}m$.

پرۆتۆنەکـان کە هەڵگـری بـارگەی پـۆزەتیڤن، زیـاتر لە پەنجاسـاڵ وەکو کـوتێنەرێکی سمێنەری مەزن بەربژێربـوون.

بەهەرحاڵ ئەلیکترۆنەکانیش هەندێک ئەنجامی تایبەتییان هەیە و زۆر لە زانینەکانمان سەبارەت بەڕیسەی ناوکی ئەتۆم و تەنانەت پێکهاتەی پرۆتۆن و نیوترۆنەکان، لە ئەنجامی ئەو تاقیکردنەوانەوە بوو کە تێیدا گوززەی ئەلیکترۆن بەکارهاتووە.

تیشکی ڕادیۆئاکتیڤیتی، لە فۆرمی هەڵوەشانەوەی بێتا، ئەلیکترۆن دەردەدەن- تیشکی بێتا- کە دەکرێ بۆ پشکنینی ڕیسەی ئەتۆم بەکاربێت. بەهەرحاڵ ئەم ئەلیکترۆنانە وزەکەیان تەنها چەند MeV یەکە، وەکو تەنۆلکەکانی ئەلفا هەمان سنوورداریان هەیە: ئەوان وەکو تەنۆلکەی ئەلفا ئەو هەلەمان بۆ دەرەخسێنن ناوکێک ببینین، بەڵام ناتوانن ڕیسەی ناوەوەی ناوکمان بۆ دەربخەن. کلیلی پێشکەوتنەکە ئەتۆمە بە ئایۆنکراوکان بوو، واتە ئازادکردنی یەک یان زیاتر لە ئەلیکترۆنەکانیان و پاشان تاودانی ئەم گوززە لە ئەلیکترۆنە خڕبووەوەکان بەڕێگەی بواری کارەبایی. لەساڵانی ١٩٥٠ لە ستانفۆردی کالیفۆرنیا بە گوززە بە وزەی MeV١٠٠ بۆ GeV١ بۆ هەر ئەلیکترۆنێک بۆ پشکنینی مەودای $10^{-15}m$ دەستی پێکرد. ئەو ئەلیکترۆنانەی کە لە پرۆتۆن و نیوترۆنەکانەوە پەرش دەبنەوە بەڵگەیان لە توێ قوڵترەکانی ڕیسەی تەنۆلکە ناوکییەکان دەخستەڕوو. ئەم تاقیکردنەوانە پیشانیدا کە نیوترۆنەکان، کە بەگشتی بەشێوەی بارگەیی نیوترا (بێ بارگە)ن، کاریگەریی موگناتیسییان هەیە و سیفەتەکانی تری پێشنیاز دەکات کە لەناویدا بارگە هەیە، پۆزەتیڤ و نێگەتیڤ بەشێوەیەک هاوتای یەکن و کۆی دەکاتە سفر، وەکو ئەوەی لە ئەتۆمدا دەبینرێت. دۆزرایەوە پۆرۆتۆنەکان قەبارەیان سنووردارە و بەنزیکەیی لەمەودای $10^{-15}m$ دایە. کاتێک ئەوە ڕوونبووەوە کە پرۆتۆنەکان تەنۆلکەی خاڵەکی نین ئەم پرسیارە هاتە گۆڕێ بارگەکەی

چـــۆن لەم قەبـــارەدا دابەش بـــووە. ئەم جـــۆرە پرســـيارانە وەبيرهێنەرەوەی ئەو شتانەیە چەندین ساڵ پێشتر لە نموونەی ئەتۆمدا هاتبووە ئاراوە و وەڵامەکەشی بەڕێگەی تاقیکردنەوەی هاوشـێوە درایەوە. لەبـاری ئەتۆمـدا نـاوکە ڕەقەکەی بەڕێگەی بڵاوبـــوونەوەی تەنۆلکەکـــانی ئەلفـــا دەرخـــرا؛ لە نمـــوونەی پرۆتۆنـــدا، گوررزەکـــانی وزەبەرزی ئەلیکتـــرۆن بـــوو کە ئەم وەڵامەی دەدایەوە.

ئەمە بریتی بوو لە تـاودەرێکی هێڵەکی سـێ کیلۆمەتری لە ستانفۆرد کە لە سـاڵی ١٩٦٨ بۆ یەکەمجـار بەڕوونـی سـەیری نـاوکی ئەتـۆمی کـرد و دۆزیـانەوە کە ئەو شـتانەی بەنـاوی پرۆتۆن و نیوترۆن دەیناسین لەڕاستیدا پێکهاتوون لە گۆگەلی بچووک و چڕ بەناوی کوارک(quark).

لەوزەی بەرزتـــر لە GeV١٠، ئەلیکترۆنەکـــان دەکـــرێ پشکنین بۆ مەودای $10^{-16}m$ بکەین، کە بەنزیکەیی دەجار لە پرۆتـــۆن بەگشـــتی بچـــووکترە. کاتێـــک ئەوان دەکەون لە پرۆتـــۆنەکە، ئەلیکتـــرۆن بەتوونـــدی بڵاودەبێـــتەوە. ئەمە بە بەراورد هەر ئەوە بوو کە ٥٠ سـاڵ پێشـتر لەگەڵ ئەتۆمـدا کـرا؛ شـــوێنێک کە بڵاوبـــوونەوەی توونـــدی تەنـــۆلکەی ئەلفـــای تـاڕادەیەک کەم وزەی هەیە و پیشـاندەدا کە ئەتـۆم هەڵگـری ناوەنـدێکی بارگـاویی چـڕە، واتە نـاوکەکەی، بڵاوبـوونەوەی توونـد و چـاوەڕواننەکراوی گوررزەکـانی ئەلیکتـرۆن بەوزەی بەرزەوە پیشـــاندەدا کە بـــارگەی پرۆتـــۆن لەســـەر شـــتی خاڵەکی(pointlike) چڕبوونەتەوە- کوارکەکان (خـاڵەکین، بەو مانایە کە ناتوانین بزانین ئایا بونیاد و نیمچەڕێسەیان هەیە یان نـــا). لەباشـــترین تاقیکردنەوەکانـــدا کە لە ئیمـــڕۆدا دەتـــوانین ئەنجـامی بـدەین، ئەلیکترۆنەکـان و کوارکەکـان وا دەردەکەن پێکهاتەی بنچینەی مادەی بەکۆمەڵ بن.

بەشی چوارەم
ناخی مادە

ئەم بەشــــەدا باســــی ســــیفەتەکانی کوارکەکــانی خــوار(*down*) و ســەر (*up*)، ئەلیکتــرۆن و نیوترینــۆ (*neutrino*) خێوەکییەکــان دەکــات- ئەو ئەرکــانەی دەیگێڕن، چۆن بارســتایی و تایبەتمەنــدییەکانی تریــان گــرنگە بــۆ دروســتبوونی ژیــان، و گەردوون و شــتی تــریش، تیشــکە گەردوونییەکــان و بەڵگەکــانی فــۆرمە دەرەزەوییەکــانی مــادە، کە بە شــێوەی ئاســایی لەســەر زەوی نین؛ نیوترینۆکان- دروستبوونیان لەناو خۆر و ئەستێرەکان و ئەستێرەناسیی نیوترینۆیی.

باسمانکرد، که چۆن دۆزینەوەکانی سەدەیەک لەوەو پێش سەبارەت بە بونیاد و ڕیسەی ئەتۆم و پرۆتۆن، بەرێگەی گورزە وزە بەرزەکانی تەنۆلکە، هاتە ئاراوە. بەهەرحاڵ، لە هەردووی نموونەکانی پێشتری ئەتۆمەکان و پرۆتۆنەکان یەکەم ئاماژەکان کە پیشانیدەدا پێکهاتەیان هەیە لە دۆزینەوەی شەبەنگەکانیانەوە (Spectra) بوو.

یەکەم ئاماژەی بوونی ئەلیکترۆن لەناو ئەتۆمەکان، بریتی بوو لە دۆزینەوەی ئەوەی کە توخمە ئەتۆمییەکان ڕووناکی بە درێژەشەپۆلی کورتی پچڕپچڕەوە دەردەدەن. بۆ نموونە، ڕەنگی پچڕپچڕ زاڵترە لە شەبەنگێکی کۆڵکە زێڕینەی بەربڵاو، کە پێی دەگوترێت شەبەنگە هێڵ. ئێمە دەزانین میکانیکی کوانتەمی دۆخەکانی جووڵەی ئەلیکترۆن لەناو ئەتۆمەکان بۆ کۆمەڵەیەکی نابەردەوامی پچڕپچڕ سنووردار دەکات، هەر ئەندامێک بڕێکی دیاریکراوی وزەی هەیە. ئەو ڕێکخستنەی کە ئەتۆمێک وزە گشتییەکەی نزمتیرینە بە دۆخی زەمینی (ground state) ناسراوە؛ هەموو ڕێکخستنەکانی تر وزەکانیان بەرزترە و ناسراون بە دۆخی وروژاو (excited state).کاتێک ئەلیکترۆنەکان لە نێوان دۆخە وروژاوەکاندا یان لەنێوان دۆخێکی وروژاو و دۆخێکی زەمینیدا بازبازێن دەکەن، ڕووناکی دەدەنەوە یان هەڵیدەمژن، ئەوکات شەبەنگی ئەتۆمی دروست دەبێت. کۆی گشتی وزە پارێزراوە و جیاوازیی وزەی نێوان دوو دۆخی ئەتۆمیی ناسراو یەکسانە بە وزەی فۆتۆنێک، کە لەم پرۆسەدا هەڵدەمژرێت یان دەدرێتەوە. شەبەنگی ئەم فۆتۆنانەیە کە جیاوازیی لە وزەی ئاستەکانی ئەتۆم پیشاندەدا و لە کۆمەڵەیەکی تەواوی وەها داتاگەلێکەوە وێنەیەکی ئاستەکانی وزە دەکرێ هەڵبهێنجێنرێت. بەدواییدا پەرەپێدانی میکانیکی کوانتەمی چۆنییەتی دەرکەوتنی شێوازی ئاستەکانی

وزەی ڕوونی کردەوە: بەهۆی سروشتی هێزە کارەباییی و موگناتیسییەکان، کە ئەلیکترۆنەکان لەدەوری ناوکە ناوەندییەکەدا ڕادەگرێت دیاریی دەکرێن- بەتایبەتی بۆ سادەترین ئەتۆم، واتە هایدرۆجین، بەشێوەی زاتی بەستراوەتەوە بەو ڕاستییەوە کە توندیی هێزی کارەبایی نێوان ئەلیکترۆن و پرۆتۆن بەشێوەی پێچەوانە دوو جای مەودای نێوانیان دادەبەزێت.

کۆمەڵێک بارودۆخی هاوشێوەش لەنموونەی پرۆتۆندا دێتە ئاراوە، کاتێک تاقیکردنەوەکان بەیەکەم تێکشکێنەری ئەتۆم لە سالانی ١٩٥٠ و ١٩٦٠ەکان ئەنجامدرا، دۆزرانەوە. ئەمانە ناسراون بە زرینگانەوە(resonances). کۆمەڵەیەکی زۆر دۆخ دەرکەوت، لەو کاتەدا تێی نەدەگەیشتن، کە بەڵگەبوون لەسەر ئەوەی پرۆتۆن و نیوترۆن خۆیان لە سیستەمگەلێک پێکهاتوون، ئێستا دەزانین بریتیین لە کوارکەکان. جووڵەی ئەم کوارکانەیە، کە قەبارە دەدا بە پرۆتۆن و نیوترۆن، وەکو چۆن جووڵەی ئەلیکترۆنەکانە، کە قەبارەی ئەتۆمەکان دیاریی دەکات. ئەوە کوارکەکانن کە سیفەتەکانی موگناتیسی و بارگەی کارەبایی پرۆتۆنێک یان نیوترۆنێک دیاریی دەکەن. هەرچەند کۆی بارگەی کارەبایی ئەو کوارکانەی کە نیوترۆن پێکدەهێنن یەکسانە بە سفر، بەڵام موگناتیسە جیاوازەکانیان یەکتری ناسڕنەوە، کە لە ئەنجامدا نیوترۆن دەبێت بە هەڵگری زەبری موگناتیسی(magnetic moment). ئەمەش کاتێکە کوارکەکان لە نزمترین ئاستی وزەدان و ئەو ڕێکخستنەی کە پێیان دەڵێین پرۆتۆن و نیوترۆن دێتە ئاراوە؛ وروژانی یەک یان زیاتر لە یەک کوارک بۆ ئاستێکی وزەی بەرزتر لەو ماتەوزەیەی کە ئەوان پێکەوە گرێدەدا و فۆرمەکانی تر کە زرینگانەوەی کورت تەمەن دێنێتە ئاراوە کە وزەکەیان

گەورەتــرە لە وزەی دۆخــی وەســتاو(rest-energy)یــان بارستایی. بەم شێوە دەرکەوت شەبەنگپێویی دۆخە لەرینەوە کورت تەمەنەکان بەهۆی وروژانی پێکهاتە کوارکییەکانەوەیە.

تــا ئێــرە هاوشــێوەی ئەتۆمەکــانە. بەهەرحــاڵ، هەنــدێک جیاوازی گرنگ هەیە. کاتێک وزەی زیاتر و زیاتر دەدرێت بە ئەلیکترۆنەکانی ناو ئەتۆمێک ئەوان دەگەن بە ئاستەکانی وزەی بەرزتر و لە ئەنجامدا لە ئەتۆم دێنە دەرەوە، لەم بارەدا دەڵێین ئەتۆمەکە بووە بە ئایۆن(ionized). لە بەشی ٢ ئێمە بینیمان چۆن پلەی گەرمی 10^4K وزەی پێویست بۆ بەئایۆنەکردنی ئەتۆمەکان دەخاتە بەردەست، ئەمە هەمان شتە کە لە خۆردا ڕوودەدا. لە نموونەی پرۆتۆنـدا کاتێـک بە وزەی بەرزتـر لێـێ دەدرێت، کوارکەکان دەچنە ئاستە بەرزترەکان و زرینگانەوە کــورت تەمەنەکــان دەکــرێ ببینرێــت. ئەم وزە بەخێرایــی بەدەرکردنی فۆتۆنەکان بەرەڵا دەبێت، وەکو دواتـر دەبینـین، بەدەرکردنی تەنۆلکەکانی تر، دۆخە زرینگانەوەکە بەخێرایی بۆ پرۆتــۆن و نیــوترۆن دەگەڕێــتەوە. هــیچ کەســێک تــا ئێســتا نەیتوانیوە پرۆتۆنێک بکات بە ئایۆن و یەکێک لە کوارکەکانی جیــا بکــاتەوە: وادیــارە کوارکەکــان هەمیشــە دەبێــت لەنــاو نــاوچەیەکی بەنزیکەیــی $10^{-15}m$یــدا حەپــس بــن- واتە لەنــاو قەبــارەی پرۆتۆنێکــدان. جیــا لەمە، کە ئەنجــامێکی سروشــتی هێــزی نێــوان کوارکەکــانە، بەشــێوەی ڕواڵەتــی هاوشــێوەی ئەلیکترۆنەکانی ناو ئەتۆمە. ئاستە وروژاوەکان تەمەن کورتن و وزە زیادەکەیان، زۆربەی جار بەشێوەی فۆتۆنەکانی تیشکی گاما دەدەنەوە و دەگەڕێنەوە بۆ دۆخی زەمینی (واتە پرۆتــۆن و نیوترۆن). بەپێچەوانەشەوە دەکرێ بەڕێگەی پرشکردنەوەی ئەلیکترۆن لە پرۆتــۆن و نیوترۆنەکـان ئەم دۆخە زرینگانەوانە بوروژێنرێن.

پارچەی کۆتایی ئەم بەراوردکردنە لە دەوروبەری ساڵی ١٩٧٠ هاتە ئاراوە. گورزەکانی ئەلیکترۆن، کە تاودرابوون بۆ وزەی GeV٢٠، لە ستانفۆردی کالیفۆرنیا بڵاوبوونەوە. هاوشێوەی ئەوەی بۆ ڕازەرفۆرد لە نزیکەی نیوسەدە پێشتر ڕوویدا، بینرا ئەلیکترۆنەکان بەگۆشەی گەورەوە پەرش دەبنەوە. ئەمە ئەنجامێکی ڕاستەوخۆی ئەو ڕاستییە بوو کە ئەلیکترۆنەکان دەکەون لە کوارکەکان، واتە تەنۆلکە خاڵەکییە بنچینەییەکان کە گوشراونەتە ناو پرۆتۆن.

لەماوەی ٣٠ ساڵ دواییدا ئەم تاقیکردنەوانە بۆ وزەی بەرزتر پەرەیانپێدرا، کە زۆرترینیان لە تاودەری هیرا(HERA) لە هامبورگی ئەڵمانیادا بوو. لە ئەنجامی دروستبوونی وێنەی زۆر ڕوون سەبارەت بە پرۆتۆن، تێڕوانینی بنچینەیی بۆ سروشتی ئەو هێزانەی کە کوارکەکان پێکەوە ڕادەگرن هاتەئاراوە. ئەمە تیۆریی کوارکەکانی لێکەوتەوە کە ناسراوە بە داینامیکی ڕەنگە کوانتەمییەکان (کرۆموداینامیکی کوانتەمی- quantum chromodynamics) کە لەبەشی ٧ باسی دەکەین. ئەم تیۆرییە بەهێزە و بۆ شرۆڤەی کارلێکی کوارکەکان و گلۆنەکان(gluons) لە مەودای 10^{-16}mدا هەر هەڵسەنگاندنێکی تاقیگەیی دەرباز کردووە.

کوارکەکان بەتامەوە

٣ کوارکی بە هێشوو بوو بەسە بۆ ئەوەی پرۆتۆنێک یان نیوترۆنێک دروست ببێت. دوو جۆری جیاواز (یان تام- Flavor) لە کوارک، کە پێویستە بۆ ئەوەی پرۆتۆنێک یان نیوترۆنێک دروست ببێت ناسراون بە سەر(up) و خوار(down) (کە بەشێوەی باو کورت دەکرێنەوە بۆ یەکەم پیتەکانیان، واتە u و d). دوو لە سەرەکان و یەک لە

خوارەکـان پرۆتۆنێـک دروسـت دەکەن؛ دوو لە خوارەکـان و یەک لە سەرەکان نیوترۆنێک دروست دەکەن.

کوارک quark	سەر Up	خوار Down
بارگە Charge	+2/3	-1/3
وزە (بارستایی) Mc^2(MeV)	≃ 4	≃ 5
سپین (بادراوی) Spin	1/2	1/2

وێنەی ٧. سیفەتەکانی کوارکەکانی سەرو و خوار.

کوارکەکان بارگەی کارەباییان هەیە. کوارکی سەر هەڵگری $2/3$ی بـارگەی(پۆزەتیف) پرۆتـۆنێکە، لە کاتێکـدا کـوارکێکی خـوار هەڵگـری $1/3-$ ئەو بـارگەی هەڵگرتـووە (هەڵـبەت بە نێگەتیـڤ). بەم شـێوە بـارگەی گشـتی کـۆمەڵەیەک لە پـارچە تاکەکـان، کە دەبێـت بە پرۆتـۆن بەم شـێوە هەژمـارد دەکرێـت $p(uud) = 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$ و بـۆ نیوترۆنێـک دەبێت بە:

$$n(ddu) = -1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$$

تەنۆلکەکـان هەڵگری تەوژم بە گۆشـەیەکی زاتیین کە پێـی دەگوترێت 'سپین'(بادراوی-Spin). بڕی سپین بەپێی یەکەکانی کـوانتەمی پلانـک دەپێورێـت و یەکسـانە بە h دابەشـی 2π($h/2\pi$)؛ ئەم پێکهـاتەیە لە فیزیـای ئەتـۆمی و تەنـۆلکە بە سـیمبۆڵی $\hbar$ پیشـاندەدرێت. پرۆتـۆن، و نیـوترۆن و کوارکەکـان هەرکامیـان بـڕی سـپینەکەیان یەکسـانەبە $\hbar/2$یـان بەکـورتی بەشێوەی باو دەگوترێت سپینی ½.(spin 1/2)

کوارکێک دەکرێ ئاڕاستەی سپینەکەی ئاڕاستەکەی بەرەو سەرەوە یان بەرەو خوارەوە بێت $q \uparrow$ یان $q \downarrow$. دوو کوارک بە سپینی پەتی ١ بریتین لە $\uparrow\uparrow$ یان بە سپینی پەتی سفر بریتین لە $\uparrow\downarrow$ ، سێ کوارک بە سپینی پەتی ٢/٣ بریتین لە $\uparrow\uparrow\uparrow$ ، یان بۆ سپینی ٢/١ بریتین لە $\uparrow\downarrow\uparrow$. بۆ نموونە

$\left(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\uparrow}\right) = \Delta^{+}$، $\left(\frac{uuu}{\uparrow\uparrow\uparrow}\right) = \Delta^{++}$ کە سپینەکانیان ٢/٣ ە.

یان

$\left(\frac{uud}{\uparrow\downarrow\uparrow}\right)$، $\left(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\downarrow}\right)$

کە سپینەکانیان ٢/١ە و پرۆتۆنن.

کوارکێک دەکرێ ئاڕاستەی سپینەکەی بەرەو سەرەوە یان بەرەو خوارەوە بێت $q \uparrow$ یان $q \downarrow$. دوو کوارک بە سپینی پەتی ١ بریتین لە $\uparrow\uparrow$ یان بە سپینی پەتی سفر بریتین لە $\uparrow\downarrow$ ، سێ کوارک بە سپینی پەتی ٣/٢ بریتین لە $\uparrow\uparrow\uparrow$ ، یان بۆ سپینی ١/٢ بریتین لە $\uparrow\downarrow\uparrow$. بۆ نموونە

$\left(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\uparrow}\right) = \Delta^{+}$، $\left(\frac{uuu}{\uparrow\uparrow\uparrow}\right) = \Delta^{++}$ کە سپینەکانیان ٣/٢ ە.

یان

$\left(\frac{uud}{\uparrow\uparrow\downarrow}\right)$، $\left(\frac{uud}{\uparrow\downarrow\uparrow}\right)$

کە سپینەکانیان 1/٢ە و پرۆتۆنن.

وێنەی ٨. سپینی کوارکەکان و چۆنیەتی کۆبوونەوەیان.

سپینەکان تا ئەو ڕادەیەی نەبێ بە نێگەتیڤ لەگەڵ یەکتر کۆدەکرێنەوە یان لە یەکتر دەردەکرێن. هەر بۆیە دوو تەنۆلکە کە سپینەکان ٢/١ ە لێکدانەکەیان دەبێت بە ٠یان ١. سێ دانە ئەگەر پێکەوە کۆبکرێنەوە، ئەنجامە گشتییەکەی ٢/١یان ٢/٣

دەبێت. پرۆتۆن و نیوترۆن سپینەکەیان ½ ە کە لە ئەنجامی ئەوەیە کە سێ کوارک بەپێی ئەو ئیمکانەی سەرەوە، پێکەوە جووت دەبن. کاتێک کوارکەکان بەجۆرێک کۆببنەوە کە کۆی گشتی سپینەکەیان ٢/٣ە، کە تۆزێک وزەی گشتییان بەرزترە، ئەمانە تەنۆلکەی زۆر کورت تەمەنن کە ناسراون بە زرینگانەوەکانی Δ. بارستاییەکەیان ٣٠% زیاترە لە پرۆتۆن یان نیوترۆنەو پێشئەوەی هەڵوەشێنەوە بۆ نیوترۆن و پرۆتۆنە زۆرتر هاوسەنگەکان، کاتەکەی کەمتر لە $10^{-23}s$ دەبێت.($10^{-23}s$ زۆر کورتترە لەوەی تەسەور بکرێت، بەڵام بەنزیکەیی کاتی پێویستە، تاوەکو ڕووناکی ناوکێکی ئەتۆمی بپێوێت). ڕێساکانی تیۆریی کوانتەمی (پرەنسیپی ڕێگری پاولی(Pauli exclusion principle)) تەنها ڕێگە دەدا هەندێک گرێدراوی دیاریکراو لەناو سپینەکان و تامەکانی کوارک ڕووبدات. ئەمەیە هۆکاری ئەوەی لەکۆتایدا سێ کوارکی چوونیەکی سەر (یان سیانی خوار) پێکەوە کۆ نابنەوە، تاوەکو سپینی ½ی پەتی دروست بکەن؛ لەم بارەدا هیچ دەستە خوشکێکی پرۆتۆن یان نیوترۆن بە بارگەی +٢ یان -١ نییە کە بەم شێوە بن:uuu و ddd. بە پێچەوانەوە، کاتێک سێ کوارک سپینەکانیان پێکەوە کۆدەبێتەوە بۆ بڕی ٢/٣ ، سێ تامی چون یەک دەکرێ پێکەوە بن$\Delta^{++}(uuu)$ و $\Delta^{-}(ddd)$ (توانەکان بارگەکەیانە). وردەکاریی چۆنییەتی ئەو گرێدراویانە لە سیفەتی کوارکەکانەوە دێت کە هێزی بەتین(strong force)ی نێوان کوارکی فەرمانڕەوایی لەسەر دەکات (سەیری بەشی ٧ بکە)، بەڵام دەکەوێتە دەرەوەی گرنگیپێدانی ئەم پێشەکییە کورتە.

بارستایی کوارکە تاکەکان دەجار گەورەترە لە بارستایی ئەلیکترۆنێک. لەکاتێکدا پارستایی پرۆتۆن کە بارستایی

نیوترۆنیش تاڕادەیەک هەمان شتە، بەنزیکەیی۲۰۰۰جار لە ئەلیکترۆنێک گەورەترە، لێرەدا دوو پرسیار خۆی دەنوێنێت. یەکەمیان: پرۆتۆن و نیوترۆن چۆن ئەم بارستاییە گەورەیان وەرگرتووە؛ ئەویتریان: ئایا بارستایی ئەم کوارکانە دەکرێ، ئاماژە بەهەندێک یەکانگیریی قووڵتر لەناو پێکهاتەکانی مادەدا بکات، وەکو چۆن بۆ ئەلیکترۆن وابوو؟

کوارکەکان بە توندی یەکیان گرتووە و بۆ هەمیشە لەناو گروپەکاندا حەپسن، وەکو ئەو سیانەی کە بوونێک بەناوی پرۆتۆن دروستدەکەن. هیچ کوارکێک تا ئێستا لەوەها خێزانێک جیانەبووەتەوە؛ گەردوونەکان تەنها بەڕادەی $10^{-15}m$فراوان دەبێت کە بریتییە لە قەبارەی پرۆتۆن، ئەم فیمتۆگەردوونە(femtouniverse) حەپسگەیەکی $10^{-15}m$ییە کە ئێمە پێی دەڵێین پرۆتۆن و سەرجەم بەنزیکەیی MeV۹۳۸ کە بریتییە لە بارستایی پرۆتۆن، وزە دەدا بە پێکهاتەکەی. ئێمە بینیمان چۆن درێژی و وزە پێکەوە پەیوەندییان هەیە، ئەم مەودا$10^{-15}m$ بەنزیکەیی هاوتای GeV۱ە. پەیوەندییە وردەکە هەڵگری فاکتەرەکانی۲ وπ ییە کە دەکەوێتە دەرەوەی ئەم پێشەکییە زۆر کورتە، لەگەڵ ئەو ئەنجامەی کە کوارکەکانی سەرو و خوار کاتێک سەربەستن بارستاییەکەیان تەنها چەند MeV یێکە، بەڵام کاتێک لە فیمتۆگەردوونە $10^{-15}m$ەکەدا وزەکەیان لە نێوان ۲۰۰-۳۰۰ MeV ە. کوارکەکان بەتووندی لەگەڵ یەکتر کارلێک دەکەن (کە دەبێت بەڕادەیەک بەهێز بێت نەتوانن لێی دەرباز ببن!) و وردەکاری تەواو سەبارەت بەوەی چۆن ئەمە بەوردی دەبێت بە MeV۹۳۸.٤ لەدەرەوەی توانایییەکانی تیۆریی ئێستاماندایە.

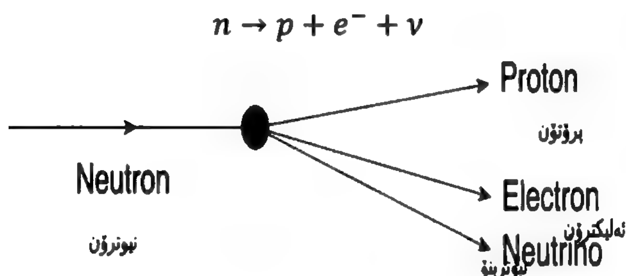
کوارکی خوار(down) چەند MeV قورسترە لە کوارکی سەر(up). ئێمە نازانین ئەمە بۆ وایە (بەڕاستی، نازانین ئەم

تەنۆلکە بنەڕەتیانە بە ئەلیکترۆنیشەوە بۆچی ئەم بارستاییەیان هەیە)، بەڵام ئەمە ڕوونـــی دەکـــاتەوە بـــۆچی نیـــوترۆن بارســتاییەکەی تۆزێـک لە پرۆتـۆن زیـاترە. سـیانیەکی وەکـو udd(پرۆتۆن) و ddu(نیوترۆن) کە هەرکامیان بارستاییەکەیان بە نزیکەیـــی ۱GeV بەهـــۆی ئەوەوەیە لە نـــاوچەیەکی $10^{-15}m$یــدا حەپســن. جیاوازییەکەیــان کە لە ئاســتی یەک MeV دایە بەهـــۆی ئەم دوو لایەنەوەیە:(۱) نیـــوترۆن بە بەراورد بە پرۆتۆن کوارکێکی خواری زیاترە کە قورسترە لەو کـوارکە سـەرەی پرۆتـۆن هەیەتـی و ئەمە قورسـییەکی زیـاتر دەدا بەسیانی نیوترۆن لەچاو سیانییەکەی پرۆتـۆن؛ (۲) هێزی کارەبایی لەنێوان دوو سـەرەکەدا و خـوارەکە (وەکو ئەوەی لە پرۆتۆندا هەیە) جیاوازە لەوەی لەنێوان دوو خـوار و سـەرێکدا هەیە (لەنمـوونەی نیوترۆنـدا). ئەمەش لە کـۆی وزە لەئاسـتی MeV دا بەشـداری دەکـات. هەربـۆیە جیـاوازی بارسـتایی لەنێوان نیـوترۆن و پرۆتـۆن (بەشـێوەی ئەزمـوونی۱.۲ MeV) بەهـۆی هێزی کارۆوەسـتاوی نێـوان پێکهـاتە کوارکییەکـان و بارسـتایی تـاڕادەیەک گەورەتـری کـوارکی خـوار بە بەراورد لەگەڵ کوارکی سەرەوەیە.

سـەرو و خـوار لەنـاو خێزانێکی کوارکیدا دەستەخوشکن. ئەلیکتـرۆن لە کـوارک دروسـت نەبـووە و لە مێـژە دەزانـین هاوشـێوەی کوارکەکـان خۆیـان بنەڕەتـین. ئەوان سـەر بەخێزانێکـی جیـاوازی تـرن کە ناسـراون بە لیپتـۆن(Lepton)ەکـان. کوارکەکـانی سـەرو و خـوار جـووتن، کە جیـاوازی بارگەکەیـان ۱ە(لەم بـارەدا = (۱/۳–) – ۲/۳+ 1)، ئایا دەکرێ ئەلیکترۆنیش خوشکێکی هەبێت کە جیاوازی بارگەی لەگەڵ ئەلیکترۆن ۱ بێت؟ ئەم بوونە، هیچ بارگەیەکی نییە و بە نیوترینۆ(neutrino) ناسراوە.

ئەم نیوترینۆیـــانە لە هەڵوەشـــانەوە ڕادیۆئاکتیڤەکـــانی ژمـــارەیەکی زۆر لەنـــاوکە ئەتۆمییەکـــانەوە دەردەکەون. لەم پرۆســـانەدا ئەوان بە هاوشـــانی لەگەڵ خوشـــکەکانیان، واتە ئەلیکتـرۆن دەردەکەون. بـۆ نمـوونە، تـا کاتێک لەنـاو ناوکێکدا حەپس دەبێت، نیوترۆن بەدەرکردنی ئەلیکترۆن و نیوترۆنێک بە پرۆتۆنێـک دەگۆڕێـت. ئەمە ناســراوە بە هەڵوەشـانەوەی بێتـا(Beta-β)، و هۆکـاری ناهاوســەنگی نیـوترۆن ئەو تـۆزە زۆرتـــر بـــوونەی بارســـتاییەکەیەتی لە پرۆتـــۆن. سروشـــت هەوڵــدەدا لە نزمتــرین ئاســتی وزەدا بێــت، کە لەم نمــوونەدا چــوونە بــۆ دۆخــی بارســتایی. ئەم تـۆزە بارسـتاییە زیـادەی نیـوترۆن لە پرۆتـۆن دەبێـت بەهـۆی ئەوەی نیـوترۆن کاتێـک بەشـێوەیەک دابـڕاوە لە دەوروبەری تۆزێک ناهاوسـەنگ بێت. ئەگەر تۆ ژمارەیەکی گەورە نیوترۆنت هەبێت و هەرکام لەوان سەربەســت بێــت لەویتریــان، بەنزیکەیــی دوای ١٠ خــولەک نیوەیـــان بەهـــۆی تیشـــکدانەوەی ڕادیۆئـــاکتیڤیتی بێتـــاوە هەڵدەوەشـن. ئەگەر ئێمە پرۆتـۆن و نیوترۆن بە سـیمبۆلەکانی n و p، و نیوترینـۆ و ئەلیکتـرۆن بە ν و e^- پیشـان بـدەین، ئەوکات هەڵوەشانەوەی بێتای نیوترۆن بۆ ئەم دەربڕینە کورت دەبێتەوە.

$$n \rightarrow p + e^- + \nu$$



وێنەی ٩: هەڵوەشانەوەی بێتای نیوترۆن.

نیوترۆن بێبارگەیە؛ ئەمە لە هەڵوەشانەوەی بێتادا دەپارێزرێت، چونکە پرۆتۆن یەک بارگەی پۆزەتیڤ و بەشێوەی دژ ئەلیکترۆن یەک بارگەی نێگەتیڤی هەیە. پرۆتۆن سوکترین دۆخە کە لە سێ کوارک دروست دەبێت و هاوسەنگە (یان لانیکەم ئەگەر پرۆتۆن ناهاوسەنگ بێت، تێکڕای تەمەنی زیاترە لە 10^{32}ساڵ!).

نیوترینۆ

نۆترینۆ لەگەڵ ئەوەی هیچ بارگەیەکی نییە بەنزیکەیی بارستاییەکەشی سفرە و لەناو هەموو شتێکەوە تێدەپەڕێت. تەنها بەڕێگەی هێزە کارەباییە ئاساییەکان کە لەناو مادەی بەکۆمەڵدا کاردەکەن، نیوترۆنۆکان زۆر زەحمەتە هەستیان پێبکرێت. بە بێکاریگەرترین تەنۆلکەش دادەنرێت.

نیوترۆینۆ بە بەردبوویەکی بەجێماوی تەقینەوە گەورەکەیە و پەیامهێنرێکی یەکەمین پرۆسەکانی گەردوونە. نیوترینۆکانن، کە دیاریی دەکەن گەردوون چەندێ بەخێرایی دەکشێت و لەوانەشە چارەنووسە کۆتاییەکەشی دیاریی بکەن. لە ئەستێرەی هاوشێوەی خۆر، ئەوان لە یارمەتیدان بۆ دروستبوونی توخمە قورسەکان کە بنەڕەتین و بۆ ژیان پێویستن. توانای خۆر بەهۆی ناوکەیەکبوون(fusion)ی پرۆتۆنەکان لە نزیک ناوەندەکەیدایە، کە دەچنە ناویەک و پێکەوە پەیوەست دەبن بۆ دروستکردنی ناوکی هیلیۆم. لەم پرۆسەدا ژمارەیەکی زۆر لە پرۆتۆنەکان بەڕێگەی شێوازێکی هەڵوەشانەوەی بێتا دەگۆڕێن بە نیوترۆن و کاتێک ئەمە ڕوودەدا نیوترینۆکان دەردەپەڕن. ئەم کاریگەرییە یەکجار گەورەیە و نیوترینۆکان بەژمارەیەکی گەورە لە خۆردا بەرهەم دێن کە نرخەکەی 2×10^{38} لە چرکەدایە، کە بریتییە لە ٢ و

٣٨ سفر لە بەردەمیدا. من تەنانەت ناتوانم ئایدیایەک تەسەور بکەم و بڵێم ئەم ژمارە چەند گەورەیە- ئەمە وەکو قەبارەی گەردوونە بە قەبارەی ئەتۆمێکی تەنها. ئەم نیوترینۆیانە بە فەزادا دەفڕن و ژمارەیەکی زۆریان دەکەون لە زەوی. نزیکەی ٤٠٠ ملیارد نیوترینۆی خۆر هەموو چرکەیەک لە لەشی هەرکام لە ئێمەوە تێدەپەڕێت.

توخمە ڕادیۆئاکتیڤە سروشتییەکانی زەوی، لە شێوەی یورانیۆمیش نیوترینۆ بەرەڵا دەکەن: نزیکەی ٥٠ ملیارد لەوانیش هەموو چرکەیەک لە هەرکام لە ئێمە دەدا. وەکو دیارە بەڕاستی خۆر زۆر زیاتر بڵاو دەکاتەوە: هەشت هێندە لە خۆرەوە دێن ئەویش دوای بڕینی ١٠٠ ملیۆن کیلۆمەتر ڕێگە لە فەزادا دێنە ناو ماڵەکانمان لێرە. ئێمە خۆمانیش ڕادیۆئاکتیڤین (زۆرتر بەهۆی هەڵوەشانەوەی پۆتاسیۆم لە ناو ئێسکەکانماندا) و لە هەر چرکەیەکدا ٤٠٠ نیوترینۆ دەردەکەین.

بەگشتی نیوترینۆکان باوترینی تەنۆلکەکانن. تەنانەت ژمارەیەکی زۆر زیاتر لەوان بە پانتایی گەردووندا دەفڕن، کە ژمارەیان زیاترە لە فۆتۆن، واتە تەنۆلکە بنچینەییەکەی ڕووناکی.

چونکە ئەوان زۆر باون بارستییەکەیان دەکرێ کاریگەری لەسەر کێشکردنی گەردوون دابنێت. ئەگەر ئەوان بارستاییان هەبێت، دەبێت زۆر بچووک بێت کە کەس نەیتوانیوە تا ئێستا بیپێوێت، بەڵام ئاماژەگەلێک لە ئارادان کە لەوانەیە بکرێ (لەبەشی ١٠ ڕوون کراوەتەوە).

نیوترینۆکان لەخۆرەوە دەفڕن و بەناو مادەدا تێدەپەڕن، کە بەنزیکەیی هەستیان پێناکرێت، هەر بۆیە ژمارەیەکی زۆر لەوان شەوان لە پێخەفەکانمانەوە تێدەپەڕن و ڕۆژان دەکەون لەسەرمان. نیوترینۆیەک دەکرێ لە مادەیەکی قورقوشم

بەدرێژیی یەک ساڵی ڕووناکییەوە تێپەڕێت بەبێئەوەی لە هیچ شتێک بکەوێت. ئەم سیفەتەی نیوترینۆ بەردەوام لەو وتارانەی بۆ گشت دەنووسرێت دووپات دەبێتەوە و ئەم پرسیارەی لێدەکەوێتەوە: ئەی چۆن هەستیان پێدەکەین؟ دوو شت یارمەتیمان دەدا.

یەکەم بەکارهێنانی سەرچاوەی زۆر چڕ و بەهێزی نیوترینۆیە بەشێوەیەک کە بەختی ئەوە هەبێت یەک یان دوو لەوان لەناو هەستەوەرەکەدا بچنە ناو ئەتۆمەکانەوە و تۆمار بکرێن. هەرچەند نیوترینۆیەکی تەنها بەدەگمەن کارلێک دەکات (بەدرێژیی یەک ساڵی ڕووناکی کارلێکێک)، خۆر ژمارەیەکی زۆر لەم بەختانە دەخاتە بەردەست. تۆ یان من لەوانەیە بەنزیکەیی هیچ بەختێکمان نەبێت براوەی ئەم قومارە بین، بەڵام خەڵک بەڕادەی پێویست دێنە ناوەوە کە لەوانەیە ئەو بەختەیان هەبێت. ئەگەر ژمارەیەکی پێویست لە نیوترینۆکان بکەون لە ئێمەوە چەند دانەیەک لەوان دەکەون لە ئەتۆمەکانی سەر ڕێچکەکەیان. هەر بۆیە ئەگەر قەبارەیەکی گەورەی مادە- بۆ نموونە ئاو، یان ئاسن، تەنانەت شلەی پاککەرەوە (کلۆرین بەتایبەتی بۆ دەرخستنی نیوترینۆکان بەسوودە)- لەبەردەست بێت دەکرێ ئەو نیوترینۆیانە دەربخرێن کە لە خۆرەوە دێن. زانستێکی نوێ کە ناسراوە بە ئەستێرەناسیی نیوترینۆ ئێستا دەستی پێکردووە. پێشتر دەرکەوتووە کە ژمارەیەکی کەمتر لەوەی چاوەڕێ دەکرێ لەخۆرەوە بە ئێمە دەگەن. بەهەرحاڵ ئەوەی کێشەیە خۆر نییە؛ وادیارە شتێک بۆ نیوترینۆکان لەسەر ڕێچکەکەیان ڕوودەدا، کە لەبەشی ١٠ ڕوون دەکرێتەوە.

دووەم سیفەتیان کە یارمەتیدەرمانە "شەرمنبوونی (shyness)"یەکەیان تەنها بۆ ئەو نیوترینۆیانە ڕاستە، کە

وزەکەیان نزمە، وەکو ئەوانەی لە خۆرەوە دێن. بەپێچەوانەوە، نیوترینۆکـــان بە وزەی بەرزەوە (وەکـــو ئەوانەی لە هەنـــدێک پرۆسـە گەردوونییەکان یـان تـاودەرە وزەبەرزەکانـدان) حەزی زۆرتـر بـۆ دەرکەوتـن هەیە. هەربـۆیە لەتاودەرەکـانی وزەی بەرزدایە، کە نیوترینۆکان بەرهەم دەهێنین و لێکۆڵینەوە لەسەر وردەکارییەکانیـان دەکەیـن. لێرەدایە ئێمە یەکەم ئاماژەکانمـان دۆزیـیەوە کە نیوترینۆکـان هەڵگـری بارســتاییەکی بچـووکی سەروسـفرن. ئەمە پـاڵی پێوەنــاین جـارێکی تـر ســەبارەت بەئایدیاکانمان لەسەر گەردوونناسی بیر بکەینەوە.

دژەتەنۆلکەکان

کوارکەکـان و ئەلیکتـرۆن تـۆوی سـەرەتایی ئەتۆمەکـان و هەموو ئەو مادەیە کە دەیناسین. بەڵام ئەمە هەموو چیرۆکەکە نییە؛ ئەوان بەشـێوەی وێنەی ئاوێنەییش هەن، کە ناسـراون بە دژەتەنۆلکە، واتە تەنۆلکەکانی دژەمادە. هەرجۆرێک لە تەنـۆلکە دژێکیشی هەیە: بوونێک بەهەمان بارستایی، سپین و قەبـارە و هەمـــان بـــڕی بـــارگەکەی خـــۆی، بەڵام بە ئامـــاژەی دژەوە. هەربۆیە، بۆ نمـوونە ئەلیکتـرۆن کە بـارگەکەی نێگەتیڤە دژێکی هەیە بەناوی دژە-ئەلیکترۆن(Anti-Electron) کە بـارگەکەی پۆزەتیڤە و ناسراوە بە پۆزیترۆن(positron)، کە نابێت لەگەڵ پرۆتـۆن لێتـان تێـک بچێـت. پرۆتـۆن ٢٠٠٠جـار قورسـترە لە پۆزیترۆن و ڤێرژنە دژەکەی ناوی دژەپرۆتۆن(Antiproton)ە و بارگەکەی نێگەتیڤە. ئەو هێزانەی کە دەتوانن ئەلیکترۆنێک و پرۆتۆنێک پێکەوە گرێ بدەن و ئەتـۆمی هایدرۆجین دروسـت پێک بهێنن، دەشـتوانن پۆزیترۆنێـک و دژەپرۆتۆنێک پـێکەوە گـــرێ بـــدەن بـــۆ دروســـتکردنی دژەهایـــدرۆجین(.(antihydrogen

دەکرێ بارگەی تەنۆلکە و دژەتەنۆلکە بنچینەییەکان کە تائێستا باسمانکردون لەخشتەی ژێرەوەدا کورت بکەینەوە(وێنەی ١٠).

تەنۆلکە PARTICLE	بارگە CHARGE	دژەتەنۆلکە ANTIPARTICLE	بارگە CHARGE
ئەلیکترۆن electron e^-	−1	پۆزیترۆن positron e^+	+1
نیوترینۆ neutrino v	0	دژەنیوترینۆ antineutrino $\bar{v}$	0
کوارکی سەر up quark u	+2/3	دژەسەر antiup $\bar{u}$	-2/3
کوارکی خوار down quark d	−1/3	دژەخوار antidown $\bar{d}$	+1/3

وێنەی ١٠:تەنۆلکە بنچینەییەکانی مادەو دژەتەنۆلکەکانیان

چونکە پرۆتۆنێک لە(duu) پێکهاتووە، کەوابوو دژەپرۆتۆنی گرێدراو بەوەوە بریتییە لە $\underline{(u)ud}$ بەشێوەی باو دژەتەنۆلکەیەک بەهەمان هێمای تەنۆلکەکە پیشاندەدرێت لەگەڵ هێڵێک بەسەرییەوە. بەڵام ئەگەر بارگەکەی دیاریی بکرێت دژەتەنۆلکە بە بارگەدژەکەی پیشاندەدرێت (بۆ نموونە بەهۆکاری مێژوویی پۆزیترۆن بەم شێوە پیشاندەدرێت e^+) بەهاوشێوەیی بۆ نیوترۆن دەبێت بە (ddu) و دژەکەی دەبێت بە $\underline{(u)dd}$. بۆیە هەرچەند نیوترۆنێک و دژەنیوترۆنێک هەمان بارگەیان هەیە، بەڵام ڕێسەو بونیادی ناوەوەیان لەیەکتر جیاوازە. هەروەها نیوترینۆیەک و دژەنیوترینۆیەک هەمان بارگەیان هەیە، بەڵام ئەو سیفەتەی لێکیان جیادەکاتەوە تۆزێک وردە. کاتێک نیوترینۆکان کارلێک لەگەڵ تەنۆلکەی مادە دەکەن، تۆ بڵێی نیوترۆنێک، ئەوان دەگۆڕن بە ئەلیکترۆن و

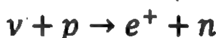
نیوترۆنیش بە پرۆتۆن دەگۆڕێت، بەم شێوە بەگشتی بارگە پارێزراو دەبێت:



$$\nu + n \rightarrow e^- + p$$

بەم شێوە دەبینین کە نیوترینۆ خزمایەتیەکی لەگەڵ ئەلیکترۆن هەیە.

دژە نیوترینۆیەکیش هەمان خزمایەتی بۆ پۆزیترۆن هەیە. یاسای پاراستنی بارگە ڕێگری دەکات لەوەی دژە نیوترینۆ بەشێوەی سەرەوە کارلێک لەگەڵ نیوترۆن بکات. بەڵام ئەگەر بکەوێت لە پرۆتۆنێک، بەم شێوەیە خۆی دەنوێنێت:



$$\nu + p \rightarrow e^+ + n$$

بینیمان چۆن ٣ کوارک یەکدەگرن و پرۆتۆن و نیوترۆن پێکدەهێنن (بەگشتی ئەم پێکهاتە سێ کوارکیانە ناسراون بە باریۆن(baryon)). هەربۆیە هێشوو بە سێ دژەکوارکەوە سەرجەم ناسراون بە دژەباریۆن(antibaryon). هێشووی کوارکی بە دوانەی کوارک و دژەکوارکیشەوە مومکینە؛ یەکێکیان بۆ ئەو مەبەستە بەسە. هەربۆیە ئەگەر ئێمە q بۆ هەر کام لە کوارکەکانی u یان d بەکاربێنین و $\underline{q}$ بۆ دژەکانیان، دەکرێ چوار هێشوو بە پێکهاتەی $q\underline{q}$ دروست بکەین. کاتێک سێ کوارک هێشوو دروست دەکەن پێیان دەگوترێت باریۆن، ئەم پێکهاتەی کوارک و دژەکوارکەش بە میزۆن(Meson) ناسراون، هەر وەکو لە نموونەی پرۆتۆن و نیوترۆندا بینیمان دۆخەکانی زرینگانەی وزەی بەرزتریش بۆ ئەم میزۆنانە لە ئارادایە.

یەکێک لە سیفەتە بەرچاوەکانی دژەمادە بریتییە لەوەی کاتێک دەکەوێت لە مادە هەردوکیان بەدروستکردنی چەخماخەیەک لە تیشک، وەکو فۆتۆنەکانی ڕووناکی، هەڵدەوەشێن. زۆر جێگەی سەرسووڕمان نییە کە میزۆنەکان

زۆر نـــاژین. کوارکێــک و دژەکوارکێــک ســـنووردارن بە فیمتـــۆگەردوونی 10^{-15} مەتـــری و هەردوکیـــان دوای یەک ملیاردەمی چرکە یان کەمتر هەڵدەوەشێن. تەنانەت ئەم مێزۆنە کەم تەمەنـــانە ڕۆڵێکـــی گرنـــگ لە بینـــای زەویـــدا دەگێـــڕن. ئاشـــناترین و ســـوکترین پێکهاتەکەیـــان بە پایۆنەکـــان(pions) ناســــــــــراوە، وەکـــــــــو $\pi^{+}(u\underline{d})$ و $\pi^{-}(d\underline{u})$ کە لەلایەن تیۆرییســـازیی ژاپـــۆنی یوکـــاوا(Yukawa) وە لەســـاڵی ١٩٣٥ وەکـو بـوونی کەم تەمەن لە نـاو نـاوکی ئەتـۆم پێشـبینیکران و هێزە ڕاکێشـەرە بەتینەکە دروستدەکەن کە ناوکەکان پێکەوە ڕادەگرێـــت. بەدواییـــدا لەســـاڵی ١٩٤٧دا دۆزینەوەکـــان ئەم پێشـبینییە تیۆرییەیی پشتڕاسـتکردەوە. لە ئیمڕۆدا ئێمە ڕێسـە قوڵترەکـــانی ئەم هێـــزە لە کـــارکردن لەســـەر کـــوارک و دژە کوارکەکـــان کە مێـــزۆن و باریۆنەکـــان و لەکۆتاییـــدا نـــاوکی ئەتۆمی دروست دەکەن دەناسین(سەیری بەشی ٧ بکە).

دوو پێکهـــاتەی بێبـــارگەش هەیە کە دەکـــرێ بەم شـــێوە بـــن: $u\underline{u}$ و $d\underline{d}$. ئەمە پـــایۆنی بەشـــێوەی کارەبـــایی بێبـــارگە دروســـت دەکـــات، واتە π^{0} و تـــوخمێکی مێزونـــی لەبـــاری کارەباییەوە بێبارگەی تەنیا کە ناسراوە بە ئێتا(ηeta,−)ی بێ بـارگە. بـۆچی کوارکێـک دەکـرێ دژکـوارکێکی وەکـو خـۆی لەباوەش بگرێت، بەڵام سێ کوارک یان سێ دژە کوارک یەکتر ڕادەکێشـــن بـــۆ دروســـتکردنی بـــاریۆن و دژە باریۆنەکـــان لە بەشی دواتر ڕوونی دەکەینەوە.

بەشی پێنجەم
تاودەرەکان: گەردوونی و دەستکرد

گورزەکانی تیشکی گەردوونی بەخۆڕایین، بەڵام بە هەڕەمییەکن؛ پێویستی بۆ تاقیکردنەوە کۆنترۆڵ کراوەکان گەیشت بە تاودەرەکانی تەنۆلکە. لەم بەشەدا باسی گورزەکانی تەنۆلکە دەکەین، کاتێک دەکەون لە ئامانجێک و کاتێک بەیەکدا دەکێشرێن و ئەو ئەنجامانەی لێی دەکەوێتەوە. هەروەها گورزەکانی مادە و دژەمادە-ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لە پێکدادەری گەورەی ئەلیکترۆن پۆزیترۆن(*LEP*)، پرۆتۆن و دژەپرۆتۆن، کارگەکانی بەرهەمهێنانی تەنۆلکە.

بۆ ماوەی یەک سەدە گورزەکانی تەنۆلکە بۆ دەرخستنی ڕێسە و بونیادی ناوەوەی ئەتۆمەکان بەکاردەهێنرا. ئەمانە لە تەنۆلکەی ئەڵفا و بێتای سروشتیی، ڕادیۆئاکتیڤە سروشتییە بێزیانەکانەوە دەستپێدەکات و پاشان لە تیشکە گەردوونییەکانەوە بەرەو گورزە بەهێزەکانی ئەلیکترۆنەکان، پرۆتۆنەکان و تەنۆلکەکانی تر لە تاودەرە نوێیەکاندا دەڕوات. بەکێشانی گورزە سەرەتاییەکان بە ئامانجێک، هەندێک لە وزەکە دەکرێ بگۆڕێ بە تەنۆلکەی نوێ، کە ئەوانیش دەکرێ خڕبکرێنەوە و بکرێن بە گورزەی نوێی دووەمی. هەربۆیە گورزەکانی پایۆن و نیوترینۆ هەروەها تەنۆلکەکانی تر بەناوی کائۆن و میون لەگەڵ دژەتەنۆلکەکانی تری وەکو پۆزیترۆنەکان و دژەپرۆتۆنەکان دەکرێ دروست بین. تەنانەت پشکنین بۆ گورزەی ئایۆنی قورسیش کراوە- ئەو ئەتۆمگەلەی کە ئەلیکترۆنی لێکراوەتەوە- کە هەلی بەرکەوتنی توونـد لەنێوان ناوکە قورسەکان دەخاتە بەردەست.

تەنۆلکە جیاوازەکان بەڕێگە تەواوکەرەکان پشکنین بۆ مادە دەکەن. بەلێکدانی زانیاری لەم نزیکبوونەوە جیاوازانەوە وێنە دەوڵەمەندەکەی ئێستامان دەرکەوتووە.

هەندێکجار گورزەکان ڕاستەوخۆ دەدرێن لە ئامانجە وەستاوەکان. لەم ساڵانەی دواییدا بەزۆری ئیستراتیژییەکە بووە بە دروستکردنی ئەو گورزانەی کە بە شێوەی دژەخولێنەوە، واتە تەنۆلکەکان و دژەتەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆنەکان و پۆزیترۆنەکان یان پرۆتۆنەکان و دژەپرۆتۆنەکان و ڕاستەوخۆ بەیەکداکێشانیان. ئەم تەکنیکانە ئەو تواناییە دەڕەخسێنێت کە پشکنین بۆ پرسەکان بکرێت، هەروەکو دواتر دەبینین ئەگەر نەبوایەن ئەم پشکنینە نامومکین دەبوو.

لەهەمانکاتدا حەزێک بۆ گەڕانەوە بۆ گورزەکانی تیشکی گەردوونی لە ئارادایە، کە لەودا سروشت تەنۆلکە بە وزەی بەرزتر لەهەر شتێک کە دەکرێ لەسەر زەوی دەستمان پێی ڕابگات، دەخاتە بەردەست. کێشەکە ئەوەیە ئەم گورزانە بەشێوەی هەڕەمەکی دێن و چڕییەکەیان زۆر کەمترە لەو گورزانەی لە تاودەرەکاندا بەرهەم دێن. حەز بۆ دووپاتکردنەوەی گورزە گەردوونییەکان لە بارۆدۆخی کۆنترۆڵکراودا بوو بە هۆی دروستبوونی فیزیای وزەبەرزەکان لە تاودەرەکاندا.

لەئەمڕۆدا تێگەیشتووین دەبێت بیگبانگ هەڵگری ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی سەیرو سەمەرە بووبێت، زۆر قورستر لەوانەی کە دەکرێ لەسەر زەوی دروست بکرێن، کە لەوانەیە هەندێکجار لە تیشکە گەردوونییەکانەوە بێن. ئێمە تەنۆلکە سەمەرەکانمان لەناو تیشکی گەردوونیدا دۆزیوەتەوە (سەیری بەشی ٨ بکە) و دواتر ئەوانمان بۆ تاقیکردنەوە لە تاقیکردنەوەکانی تاودەردا دروست کردەوە، بەو ئۆمێدەی بەختێکی هاوشێوە ڕوومان تێبکات.ئەستێرەکان و سوپەرنۆڤاکان نیوترینۆکان دەردەدەن؛ تاقیگەکان بەتایبەتی لەژێر زەوی دروست دەکرێن تاوەکو تەنۆلکەی تر جگە لە نوترینۆ پێی نەگات. ئەستێرەناسیی نیوترینۆ لقێکی نوێی زانستە کە چاوەڕێ دەکرێت لە دەیەکانی سەرەتای سەدەی بیستویەک بگەشێتەوە. هەروەها هەوڵی زۆر بۆ دۆزینەوەی بەڵگە لە ڕووداوە زۆر دەگمەنەکان لە ئارادایە، بۆ نموونە ئەگەریی هاوسەنگ نەبوونی پرۆتۆنەکان و هەڵوەشانەوەیان؛ هەرچەند نیوەتەمەنەکەیان 10^{33} ساڵە. لەم تەکنیکەدا بڕێکی زۆر ئاو بەکاردێت، بۆ نموونە ئاوی پەتی بەقەبارەی حەوزێکی مەلە. هەرچەند بەتێکڕایی پرۆتۆنەکان ژیانی چاوەڕوانکراویان

بەرزە، بەڵام تیۆریی کوانتەم پیشاندەدا کە تاک پرۆتۆنێک لەوانەیە تەمەنی زۆر درێژتر یان زۆر کورتتر بێت. هەر بۆیە لە نموونە گەورەی 10^{33}پرۆتۆنیدا بەڕادەی ئەو بڕەی لە حەوزێکی گەورەی ئاودا هەیە، لەوانەیە لە ساڵێکدا یەک یان دوو هەڵوەشانەوە ڕووبدات. ئەگەر بۆ ماوەیەکی درێژ سەبرت هەبێت لەوانەیە بەختی ئەوەت هەبێت یەکێک ببینیت.

ئەمانە نموونەی ئەوانەن کە بەناوی فیزیای نا-تاودەر دەناسرێن، لێرەدا پرۆسە سروشتییەکان تەنۆلکەکان بەرهەم دەهێنن و ئێمە دەریان دەخەین. لێرە واتە لەسەر زەوی دەکرێ گوڕزەی توند لە تەنۆلکە وزەبەرزەکان لە تاقیگەکاندا و بەتاودەری تەنۆلکە بەرهەم بهێنین. لەم بەشەدا من چڕ دەبمەوە لەسەر ئەوەی چۆن تاودەرەکان پەرەیانسەندووە و چی تێیاندا بەکارهاتووە. ئەمە لە داهاتووی نزیکدا تێڕوانینێکی نوێ دەدا بە بەرنامەکانی فیزیای تەنۆلکە وزەبەرزەکان .

تەنۆلکە بارگە کارەباییەکان بەهۆی هێزی کارەباییەوە تاودەدرێن. بە بەکارهێنانی هێزی کارەبایی پێویست، تۆ بڵێ لەسەر ئەلیکترۆنێک، لەسەر هێڵێکی ڕێک خێراتر و خێراتری دەکات، هەروەکو چۆن لە تاوەدەرە هێڵەکییەکەی ستانفۆرد لە کالیفۆرنیا ڕوودەدا و دەکرێ ئەلیکرۆنەکان بۆ وزەی GeV٥٠ تاو بدرێن.

لەژێر کاریگەریی بواری موگناتیسیدا ڕێچکەی تەنۆلکەیەکی بارگاوی دەبێت بە چەماوە. بە بەکارهێنانی بوارە کارەباییەکان بۆ خێراکردنیان و بواری موگناتیسی بۆ چەماندنەوەی ڕێچکەکانیان دەکرێ تەنۆلکە بارگاوییەکان چەندینجار لەسەر بازنەیەک خول بدەین. ئەمە ئایدیای بنچینەیی پشت هەڵقە گەورەکانە، وەکو ئەو تاودەرە ٢٧ کیلۆمەترییەیی لە سێرن(CERN)ی جێنێڤ(Geneva) هەیە.

له سیکلۆترۆنەوە بۆ سینکرۆترۆن

پشکنینی ئەتۆم بەگورزەکانی تەنۆلکەی ئەڵفا و بێتا لە تەنە ڕادیۆئاکتیڤەکانەوە دەستپێکرد. بەڵام تاک تەنۆلکەکان وزەکانیان بچووکە و تواناییەکەیان سنووردارە بۆ ئەوەی بچنە ناو ناوەندی ناوکی. گورزەکانی تەنۆلکەی وزە بەرز هەموو ئەم بارودۆخەیان گۆڕی.

ئایدیای سەرەکی بریتی بوو لە تاودانی تەنۆلکەکان بۆ وزەی بەرز بەڕێگەی زنجیرەیەک پاڵپێوەنانی بچووک لە ڤۆڵتییەیی تاڕادەیەک نزمەوە. تەنۆلکەکان بەناو زنجیرەیەک لولەکی کانزایی جیا لەیەکتر لە تیوبە ناو بەتاڵەکانەوە تێدەپەڕن. لەناو لولەکەکاندا هیچ بوارێکی کارەبایی نییە و تەنۆلکەکان بەسادەیی لە کەنارەکانییەوە دەرباز دەبن. بەڵام لەناو کەلەبەرەکانی نێوان لولەکەکاندا بوارە کارەباییەکان ڕێکدەخرێت، ئەویش بەڕێگەی ڤۆڵتییەیی گۆڕاو کە بڕە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەکان جێگۆڕکێ پێدەکات. لەرەلەری ڤۆڵتییە گۆڕاوەکە لەگەڵ درێژیی لولەکەدا یەکدەگرێتەوە، هەربۆیە تەنۆلکەکان کاتێک دەچنە ناو کەلەبەرەکەوە هەمیشە هەست بەلێدان نەک وەستان دەکەن. بەم ڕێگە تەنۆلکەکان کاتێک لەم لولەکەوە دەچن بۆ لولەکێکی تر تاو وەردەگرن. بەشێوەی ئاسایی تاودەرە هێڵەکییەکان مەشینی کورت و وزەنزمن، بەڵام دەکرێ درێژ بن و وەزەیان بەرزتر ببێتەوە، وەکو ئەوەی لە تاودەری هێڵەکی ستانفۆرد لە کالیفۆرنیا هەیە. ئەوان لە قۆناغەکانی سەرەتایی تاودان لە هەڵقە گەورەکانی ئیمڕۆییدا بەکاردەهێنرێن.

یەکەم ئایدیای تاودەری هەڵقەیی لە ئێرنیست لاورێنس(Ernest Lawrence)وە دەستپێکرد، ئەو بە بەکارهێنانی بوارێکی موگناتیسیی تەنۆلکەکانی لەسەر سوورگەیەک

چەمانـدەوە. دوو کـاڤیتی(cavity) نیمچەبـازنەیی بەتـاڵ یـان شێوەD، بەرامبەری یەکتری جێگیردەکرێن بۆ ئەوەی بازنەیەک دروستبکەن، لەگەڵ بوونی کەلەبەرێکی بچووک لەنێوان دوو رووبەری تەختـی D. هەمـوو پانتـایی بونیـاد و رێسـەکە بەنزیکەیـی ٢٠ سـانتی مەترە، و لاورێنس لەنێوان جەمسـەرە باکور و باشورییەکەی ئەلیکترۆمەگنەتی جێگیر کرد، بۆ ئەوەی تەنۆلکەکان لەسەر چەماوەیەک بسورێنەوە، هاوکاتیش بـواری کارەبـایی لە کەلەبەرەکە خێراییـان دەداتـێ. دوای خێراتـر کردنیـان بەهـۆی بـوارە کارەبـاییەکەی کەلەبەرەکەوە، ئەوان دەچـوونە سـەر رێچکەیەکـی بـازنەیی، تـاوەکو دەگەیشـتن بەکەلەبەرە بەنیـوکەرەکەو دووبـارە دەسـورانەوە. بەم ئـامێرە ئەوان توانییـان لەجیـاتی ئەوەی لە زنجیـرەک کەلەبەری پشتەسـەریەکەوە تـێبپەڕن چەنـدینجار لەهەمـان کەلەبەری تـاودەرەوە تێپەڕن. دوای ئەوەی خێراییەکەیـان بەرز بـووەوە بەرەو دەرەوە لـوول دەخـۆن، بەڵام مەودای کـاتی تێپەریـنە پشتسەریەکان لە کەلەبەرەکانەوە بەنەگۆڕی دەمێنێتەوە.

بۆ تـاودانی بەردەوامـی تەنۆلکەکـان، بـواری کارەبـایی نـاو کەلەبەرەکە دەبێـت لەگەڵ هەمـان لەرەلەر کە تەنۆلکەکـان سـورەکە تەواو دەکەن یەک شـت بێـت. لە دواییـدا تەنـۆلکە دەرچووەکـان لە سـەرچاوەیەک لەناوەنـدی ئـامێرە بەخـولەکە، بەشـێوەی لـوولپێچ لە کەنارەکـانەوە بەوزەی زۆربـووەوە دەردەچن.

ئەم ئامێرە بە سیکلۆترۆن دەناسرا و لەسـەر ئەم پرەنسیپە کـاری دەکـرد کە تەنۆلکەکـان هەمیشـە بـۆ تەواوکردنـی سورانەوەکە پێویستییان بە یەک کاتی نەگۆڕ هەیە.

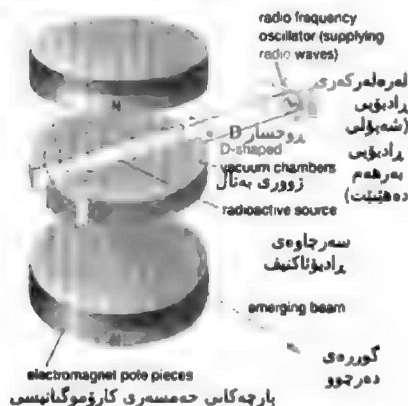
بەهەرحاڵ لەکرداردا ئەمە تەنها بەنزیکەیی دروستە. لەگەڵ زیادبوونی وزەی تەنۆلکەکان، کاریگەرییەکانی رێژەیی تایبەت

(Special Relativity) ڕۆڵێکی گرنگتر دەگێڕێت. بەتایبەتی بەرگرییەکی ڕوو لەزیادبوون لەبەرامبەر تاوداندا دێتەئاراوە، کە هێزی زۆرتر پێویست دەبێت بۆ ئەوەی هەمان تاودانمان دەسکەوێت. کاتێک خێراییەکە بەخێرایی ڕووناکی نزیک دەبێتەوە، تەنۆلکە تاودراوەکان کاتێکی زۆرتری دەوێت بۆ ئەوەی سوڕەکە تەواو بکات، و لە ئەنجامدا لەمەودای بەشی تاودانی سوڕەکەیدا زۆر درەنگتر دەگات بە کەلەبەرەکە بۆ ئەوەی ڤۆڵتییە گۆڕاوەکەی پێبگات.

چارەسەرەکە بریتی بوو لە ڕێکخستنی لەرەلەری بەکارهێنراو بەشێوەیەک هاوکات لەگەڵ درێژبوونەوەی کاتی سوڕانەوە لەگەڵ تەنۆلکەکەکان بە هاوئاهەنگ بمێنێتەوە. بەهەرحاڵ کێشەیەک هەیە: مەشینێک کە بەلەرەلەری گۆڕاو کاردەکات ئیتر ناتوانێت لێشاوێکی بەردەوام لە تەنۆلکەکان، بەو شێوەی سیلکۆترۆن دەیکرد، تاوبدات. گۆڕانی لەرەلەر بۆ ڕاگرتنی وزەی بەرزی تەنۆلکەکان بەمانای ئەوەیە کە هەر تەنۆلکەیەک کە وزەی نزمە دەچێتە دەرەوە. لەجیاتی سینکرۆسایکلۆترۆن پۆلێک لە تەنۆلکەکان هەموو جارێ لە سەرچاوەکەوە وەردەگرێت و ئەم پۆلانە بەرەو کەنارەکانی موگناتیسەکە تاودەدا.

سینکرۆسایکلۆترۆن توانای هەبوو پرۆتۆنەکان بۆ وزەی پێویست تاوبدات کە بە بەرکەوتن لەگەڵ ناوک پایۆن بەرهەم دەهێنن، واتە وەکو چۆن ئێستا دەزانین تەنۆلکەیەکی سوکە و پێکهاتووە لەتاک کوارکێک و دژەکوارکێک. بەهەرحاڵ تیرەی مەشینەکە بەنزیکەیی ٥ مەترەو بۆ گەیشتن بە وزەی بەرزتر، وەکو ئەو وزەی کە بۆ بەرهەمهێنانی تەنۆلکە سەمەرەکان پێویستە، ئامێرێکی ناکردەکی بوو.





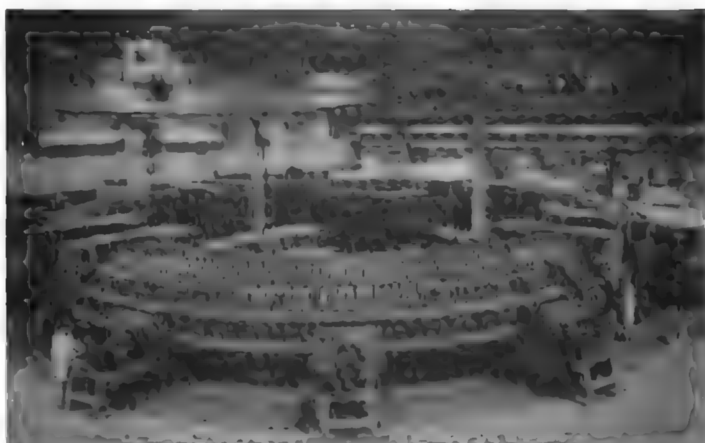
وێنەی ١١. تیرەی سیکلۆترۆنی سەرەکی لاورێنس تەنها ١٣ سانتی مەترە. بواری موگناتیسی کە تەنۆلکەکان لەسەر ڕێچکەیەکی بازنەیی ئاڕاستە دەکات، بە دوو کارۆموگناتیس فەراهەم دەبێت. ئەمە بوارێکی ستونی باکور-باشور لەسەر ڕێچکەی تەنۆلکەکان، کە لەسەر ڕووبەرێکی ئاسۆیییە، دروست دەکات. ئەوان بەهۆی بوارێکی کارەباییەوە خێرا دەکرێن، کە بە پانتایی کەلەبەری نێوان دوو کانزا ناو بەتاڵە ڕوخساری Dیەکە ئامادە دەکرێت. سەرچاوەیەکی ڕادیۆئاکتیڤ لەناوەند دا ئەم تەنۆلکانە فەراهەم دەکات. تەنۆلکەکان لەبواری موگناتیسی سیکلۆترۆنەکەدا لوول دەبن، بەڵام لەگەڵ زیادبوونی وزەدا ئەوان کەمتر لول دەبن و بەشێوەی لوولپێچ لە مەشینەکە دێنە دەرەوە.

ڕێگەچارەکە بریتیی بوو لەوەی کە توونـدی بـواره موگناتیسیيەکە، لەگەڵ ئەوەی تەنـۆلکە دەسـوڕێتەوەو وزه وەردەگرێت بە بەردەوامی بەرز بکرێتەوە، لە ئەنجامدا لەجیاتی ئەوەی بەشێوەی لوولپێچ بێتەدەرەوە لەسـەر هەمان سوورگە دەمێنێتەوە. سـەرەڕای ئەوە، تـاک موگناتیسـە زەبەلاحەکەی سـایکلۆترۆنەکە دەکـرێ بە هەڵقەیەکـی شـێوەی دۆنـات (لـولەکێکی هەڵقەکـراو) لە موگنایسـی بچـووک شـوێنگرەوە بکرێـت، کە فـۆرمی بـاوی تـاودەرە هەڵقەیـیە مودێرنەکـانە. تەنۆلکەکـان بە لـولەکێکی بـازنەیی کە لەنـاو باوەشـی موگناتیسەکاندا ڕاگیراوە گەشت دەکەن. ئەوان لە هەر سوڕێک بەهـۆی ڤۆڵتییەیی گۆڕاوی لەرەلەر گۆڕاوەوە کە لە یەک یـان زیاتر لە یەک شوێن لەدەوری هەڵقەکەدا دانراون تـاودەگرن و بەزیـادبوونی بەردەوامـی توونـدی بـواری موگناتیسـی، لەسـەر ڕێچـکەی بـازنەیی خۆیـان لەنـاو لـولەکەدا بەردەوام دەبـن. بە مەشـینێکی لەوجـۆرە دەگوترێت سنکرۆترۆن(synchrotron) و ئێسـتاش بنچیـنەی تـاودەرە زەبەلاحە نوێیەکـانە. یەکەم سـنکرۆترۆنی گەورە لە بروکهـاڤێن لە ئەمریکـا و لە سـێرن لە جێنێـڤ بە وزەی تـاوەکو ٣٠GeV لە سـاڵی ١٩٦٠ دامەزرا.لە دەیەی ١٩٦٠ەکانـدا ئایـدیای کوارکەکـان هـاتە ئـاراوە و لەگەڵ ئەو تەنـگەژەدا بەرەوڕووبـوون کە وزەی سـەروGeV ١٠٠ پێویستە بۆ ئەوەی کوارکەکان لە پرۆتۆنەکان بهێننە دەرەوە.

پێشکەوتن لە تەکنەلۆژیا بوو بەهـۆی داهێنانی موگناتیسی زۆر بەهێزتر لە تاقیگەی فێرمی لەنزیکی شیکاگۆ لە ئەمریکا و لە سێرن لەساڵانی ناوەڕاستی دەیەی ١٩٧٠و بەدانانیان لە ناو هەڵـقەیەک بە تیـرەی گەورەتـر لە یەک کیلـۆمەتر پرۆتۆنەکـان گەیشتن بە وزەی ٥٠٠GeV. لەساڵانی ١٩٨٠ تـاقیگەی فێرمی

گەیشت بە GeV۱۰۰۰ واتە TeV۱ و ناوی نرا تیڤاترۆن(Tevatron). لە ئیمڕۆدا بەڕێگەی موگناتیسە بەرزەگەیەنەرەکان(Superconducting magnet) تەنانەت بە بواری زۆر بەهێزتر گەیشتووین. لە تاقیگەی فێرمی لەپاڵ تیڤاترۆنەکەدا هەڵقەیەکی بچووکیش هەیە کە ناسراوە بە ئەنجێکتەری (injector) سەرەکی. یەکێک لە ئەرکە سەرەکییەکانی ئەنجەکتەر ئاراستەکردنی پرۆتۆنەکانە بە خێرایی سەرو GeV۱۲۰ بەرەو ئامانجەکان بۆ ئەوەی گورزەی دووەمی تەنۆلکەکان بۆ تاقیکردنەوە دروست ببێت. پرۆتۆنە دەسکەوتووەکان بۆ دروستکردنی لێشاوێک لە پایۆن و کائۆن بەئامانجگەلێکی وەکو کاربۆن و بیریلیۆمدا دەکێشرێن.

پایۆنەکان هەڵدەوشن و گورزەی نیوترینۆ دروست دەکەن، لەکاتێکدا کائۆنەکان دەکرێ جیابکرێنەوە و گورزەی کائۆنیان بۆ تاقیکردنەوە لێ دروستبکرێت. تەنۆلکە جیاوازەکان بە سیفەتی جیاوازەوە دەکرێ بۆ پشکنینی لایەنە جیاوازەکانی ئامانجەکە بەکاربهێنرێن بۆ ئەوەی وێنەیەکی دەوڵەمەندتر لە پێکهاتەکەی دروست بکەن.



وێنەی ١٢. کۆسمۆترۆن لە تاقیگەی نیشتیمانی بروکهاڤێن، یەکەم سینکرۆترۆنی پرۆتۆن بوو کە لەساڵی ١٩٥٢ کەوتەکار بۆ تاودانی پرۆتۆنەکان بۆ وزەی $GeV۳$. ئەڵقەی موگناتیسەکە دابەش دەبێت بۆ چوار بەش (دەرەکی ترین بەشی لێرەدا بە ڕوونی دیارە) هەرکامیان هەڵگری ٧٢ بلۆکی پۆلایینە بەنزیکەیی $۲.۵m \times ۲.۵m$ بەجیاوازی $۱۵cm \times ۳۵cm$ وە بۆ ئەوەی گورەزەکان لێیانەوە تێپەڕن. مەشینەکە تاوەکو ساڵی ١٩٦٦ لەکاردا بوو.

ئەنجەکتەری سەرەکی هەروەها پرۆتۆنە GeV ١٢٠ ەکان بەرەو ئامانجێکی نیکلی تایبەتی ئاراستە دەکات، بە وزەیەک کە بەسە بۆ ئەوەی پرۆتۆن و دژەپرۆتۆن بەرهەم بێن. ئەویش بەنرخی ٢٠٠ ملیارد دژەپرۆتۆن لە کاتژمێرێکدا. دژەپرۆتۆنەکان، واتە ڤێرژەنی دژەمادەی پرۆتۆن، بارگەکەیان لە جیاتی پۆزەتیڤ نێگەتیڤە. ئەمە واتای ئەوەیە ئەوان دەتوانن لەهەمانکاتدا و بەهەمان خێرایی پرۆتۆنەکان لە دەوری بەرزە گەیەنەرەکانی تیڤاترۆن بجوڵێنن، بەڵام لە ئاڕاستەی دژ. هەرکاتێک کە تەنۆلکەکان وزەکەیان بۆ GeV١٠٠٠ یان

TeV١، دوو گـــورزەی تەنـــۆلکە بەشـــێوەی ڕوودەڕوو دەکێشرێن بەیەکدا- و تیڤاترۆن دەگات بە ئامانجە کۆتاییەکەی خۆی: بەیەکدا کێشانی پرۆتۆن و دژەپرۆتۆنەکان لەو وزانەدا جارێکی تر بـارودۆخی گەردوون لەکاتێکدا کە تەنها تەمەنـی یەک تریلیۆنۆمی چرکە بووە دروست دەکاتەوە.

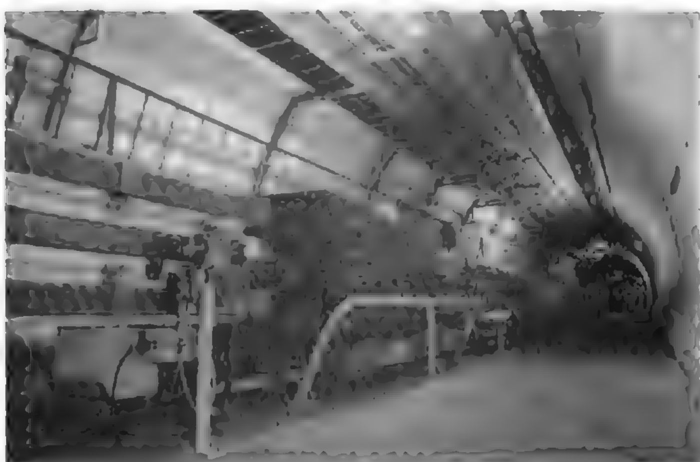
لە سێرن هەڵقەیەکـی ٢٧ کیلۆمەتری لە موگناتیسـەکان، لە پێکـدادەری گەورەی هـاردرۆنی(LHC) پرۆتۆنەکـان بە وزەی TeV٧ دەگەیەنێـت، بـۆ ئەوەی تـاقیکردنەوەکەی سـاڵی ٢٠٠٧ دەسـتپێبکات. موگناتیســە تایبەتەکـان دەکـرێ دوو گـورزەی پرۆتۆنەکـــان، یـــان نـــاوکە ئەتۆمییەکـــان، کە ئاڕاســـتەی سوڕانەوەیان دژبەیەکە ئاڕاستە بکات بۆ ئەوەی ڕوودەڕوو بـــکەون لەیەکتـــر. ئەمە لـــوتکەی تەکنەلۆژیـــایی بەرکەوتنـــی گورزەکـــانە کە بـــووبە ســـتراتیژیی ســـەرەکی فیزیـــای وزەبەرزەکان لەساڵانی کۆتایی سەدەی بیستەمدا.

تاودەری هێلەکی

تـاودەری هێڵەکـی سـتانفۆرد درێژتـرین تـاودری هێڵەکـی جیهانە. دەتوانێ ئەلیکترۆن بۆ GeV٥٠ لە تەنها ٣ کیلۆمەتردا تاو بدات، لە کاتێکدا لەLEP، کە تاودەرێکی بازنەییە دەگات بە GeV١٠٠ بەڵام هەڵقەکەی دەبێت ٢٧ کیلۆمەتر چێوەکەی بێت. هـۆی ئەم جیـاوازییە چیـیە و چـۆن بڕیـاڕ دەدرێـت کە ئایـا تاودەری بازنەیی دروستبکرێت یان هێڵەکی؟

ســـینکرۆترۆنە ئەلیکترۆنییەکـــان جیـــا لەوەی بە باشـــی کاردەکەن کێشەیەکی بنەڕەتییان هەیە: ئەلیکترۆنەکان بە وزەی بەرزەوە کاتێـــک لەســـەر ڕێچـــکەی بـــازنەیی دەجـــووڵن تیشکدەدەنەوە.

ئەم تیشکە- کە ناسراوە بە تیشکی سینکرۆترۆن- هەرچی نیوەتیرەی ڕێچکەکە گەورەتر بێت و هەرچی وزەی تەنۆلکە زۆرتر بێت گەورەترە. پرۆتۆنەکانیش تیشکی سنکرۆترۆن دەدەنەوە، بەڵام چونکە ٢٠٠٠ جار گەورەترن لە ئەلیکترۆن، پێشئەوەی بڕی وزەی لە کیسچوو زۆر بەرچاو بێت دەکرێ بە وزەی بەرزتر بگەن.



وێنەی ١٣. دیمەنێک لەناو تونێلە ٢٧ کیلۆمەتر (١٧ مایلی)ییەکەی پێکدادەری گەورەی ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن لە سێرن کە لە ١٩٨٩ بۆ ٢٠٠٠ لەکاردا بوو. ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لەئاراستەی دژدا و لەناو لولەکی گورزەدا بەرێگەی سەدان موگناتیسی چەمێنەری قاوەیی و سپی (دوو جەمسەری) و موگناتیسی چرکەرەوەی شین (چوارجەمسەری) دەجوولێنران. لەسەرەتادا LEP گورزەکانی بۆ وزەی بەرکەوتنی GeV٩٠ تاودەدا، بەڵام لەکاتی کوژاندنەوەی کۆتاییدا لە ئۆکتۆبەری ٢٠٠٠ گەیشتبوو بە سەرو GeV٢٠٠.



وێنەی ١٤.تاودەری هێڵەکی ٣ کیلۆمەتر (٢ مایل)ی لە ناوندی تاودەری هێڵەکی ستانفۆرد(*SLAC*). ئەلیکترۆنەکان لە تفەنگێکی تـــاودەرە دەســـــتپێدەکەن، لەوێ ئەوان لە فیلامێنتێکـــی گەرمەوە، لەکۆتایی مەشینەکە لە بنی چەپی وێنەکە بەرەڵا دەبن. ئەلیکترۆنەکان لە ئاڕاستەی شـەپۆلە ڕادیۆییەکـان جێگیر لە زنجیرەیەکـی ١٠٠٠٠٠ کاڤیتی مسی لـولەکی، تیرەکەی ١٢ سـانتی مەتـرە شـەپۆل دەدەن. مەشینەکە بەهەموو درێژیی خۆی هـاوڕێکییەکەی ٠.٥ میلی مەتـرە و لەناو تونێلێکدا لە ٨ مەتری ژێر زەوی دانراوە. بیناکانی سـەرەوە کە هێڵی تـاودەرەکە پیشـان دەدا هەلگری کلی ستۆرنە(*klystorn*)کانە کە شەپۆلە ڕادیۆییەکان ئامادە دەکەن.

بەڵام تەنـانەت لە تەنها چەند GeV دا، ئەو ئەلیکترۆنـانەی کە لەناو سینکرۆترۆندا خول دەخۆن، بڕێکی زۆری دەدەنەوە، کە دەبێـت بە پەمپکردنـــی وزەی زیـــاتر بەڕێــگەی شـــەپۆلە ڕادیۆییەکـــانی نـــاو کەڤیتییەکـــانی(cavity) تـــاودان قەرەبـــوو بکـرێتەوە. هەر ئەمە بـوو هۆکـارەکەی تـاوەکو ئەم دواییـانە

تاودەرەکـانی ئەلیکتـرۆن بـۆ وزەی بەرز بەشـێوەی هێڵەکـی
بـوون. لەڕاسـتیدا ئەلیکترۆنەکـان تەنها بـۆ هەنـدێک ئەنجـامی
تایبەتی لەنـاو مەشـینە.بەخولەکان وزەکەیـان بەرز دەکرایەوە.
بەتـایبەتی، بەرکەوتـنە ڕودەرڕووەکـان چوسـتییەکەیان زۆر
زیـاترە لەکاتێـک لەئامـانجێکی وەسـتاو دەدرێـن. دووەمـین
ئەنجامی باشە بریتی بوو لە توانـایی پشـکنین بەو ڕێگانەی کە
ئەگەر وانەبـوایە نـامومکین دەبوو، بۆ نمـوونە لە LEP دا کە
ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان پێکەوە هەڵدەوەشـێن سـوڕانەوە لە
شێوەی دژی گوررزەکان تاکە ڕێگەی کـاریگەرە بۆ گەیشـتن بە
توونـدی پێویسـت.LEP مەشـینێکی بەخـول لەنـاو تونێلێـک بە
درێژیـی ٢٧ کیلـۆمەتردا بـوو. ئەمە پیشـاندەری کێشـەکان بـوو
لەکـارکردن لەگەڵ ئەلیکتـرۆن و پـۆزیترۆنە سـوکەکان کە
بەشـێوەی بەخـول گەشـت دەکەن، هەربـۆیە وەهـا مەودایەک
پێویستە بۆ ئەوەی بگەیەنرێن بە وزەی Gev١٠٠ بەبێئەوەی
وزەی زۆر بەهـۆی تیشکدانەوەوە لەکیس بچێت. بۆ گەیشـتن
بەوزەی چەند سەد GeV لە ڕێچکە بازنەییەکاندا پێویستیمان
بە مەودای سـەدان کیلـۆمەترە کە لە چوارچێـوەی بـابەتەکەی
ئـێمەدا نییە. هەربەو هۆکـارەیە پێکـدادەری هێڵەکـی بـۆ کـاتی
دورودرێژ دادەڕێژرێن.

ئایـدیاکە بـریتییە لەوەی کە تـاودەرێکی هێڵەکیمـان بـۆ
ئەلیکتـرۆن هەبێت و دانەیەکـی تـر بـۆ تـاودانی پۆزیترۆن. بە
تەکنەلۆژیـای نـویێ بـۆ تـاودان و درێژیـی چەنـدین کیلـۆمەتر،
دەکرێ پێکدادان بە وزەی چەند سـەد GeV بێتە ئاراوە. لەم

وزانەدا دەکرێ کوارک و دژەکوارک و لە ئەنجامدا بۆزۆنەکانی هیگز بەرهەم بێن (سەیری بەشی ١٠ بکە).

بۆ هەبوونی بەختێکی باش بۆ بەرکەوتنێک لە تاودەرێکی هێڵەکی، کە گورزەکان تەنها یەکجار لەگەڵ یەکتر بەرەوڕوو دەبن، گورزە بە توندی بەرزەوە پێویستە کە ئەستورییەکەیان تەنها چەند میکرۆنێک بێت($10^{-6}\,m$). لەڕاستیدا زۆربەیان لەجیاتی ئەوەی لە ئامانج بدەن بە هەڵەدا دەچن. بەهۆی بارگە چونیەکەکانی ناو هەر گورزەیەک یەکتری دووردەخەنەوە. دروستکردن و کۆنترۆڵی وەها گورزەگەلێکی زۆر چڕ تەنگەژەیەکی تەکنەلۆژیاییە.

پێکدادەرەکان

لە تاودەرە بەهێڵەکاندا کە بەرەو ئامانجێکی وەستاو ئاڕاستە دەکرێن، پاشماوەکانی بەرکەوتن بەرەو پێشەوە دەچن، هەر وەکو چۆن کاتێک ئۆتۆمبیلێک دەکەوێت لە پاشی ئۆتۆمبیلێکی تر بەرەو پێشەوە دەچێت. کاتێک گورزەیەک دەکەوێت لە ئامانجێکی وەستاو، وزە بەزەحمەت دەسکەوتووەکەی جووڵەی گورزەکانی تەنۆلکە بەفراوانی دەگوازرێتەوە- بۆ جووڵەوزەی تەنۆلکەکانی ئامانجەکە- و بەشێوەیەکی کاریگەر لە کیس دەچێت. ئەگەر بتوانین تەنۆلکەکان ڕووبەڕوو بەیەکتردا بکێشین دەکرێ بەسەر ئەم کێشەدا زاڵ ببین و وزەکانیان بۆ کارلێکی نێوانیان بەکاربێت. لەبەرکەوتنێکی وەهادا ئەنجامی بەرکەوتنەکان لەهەموو ئاڕاستەیەکدا دەردەچن و وزەکە بەسەریاندا دابەش دەبێت- هیچ برێک لە ڕێکخستنێکی بەکۆمەڵی وەستاودا لەکیس ناچێت.

ئەم ئـــارگیومێنتگەلە زۆر لە مێـــژوو پـــێش ســـالانی ١٩٤٠ بەلای دروستکەرانی تاودەرەوە ڕوون بوون، بەلام ٢٠ ساڵی خایاند تاوەکو پێکدادەرەکانی تەنۆلکە فۆرمی خۆیان وەرگرن و ١٥ ساڵی تری ویست بەگشتی ببن بەوەی ئێستا دەیانبینن. کێشـــەیەک بـــریتییە لەوەی کە تەنۆلکەکـــان حەزیـــان لـــێ نییـــە یەکتـــری بپـــێکن وتەنهـــا لە ٣٠ ســـاڵی ڕابـــردوودا بـــوو کە تەکنیکەکەی کەوتووەتە بەردەست.

ســـەرەکیترین بەکارهێنـــانی بریتـــی بـــووە لەوەی بەرکەوتنـــی نێـــــوان تەنـــــۆلکە و دژەتەنـــــۆلکە، بەزۆری پرۆتـــــۆن و دژەپرۆتۆنەکـــان و ئەلیکتـــرۆن و پۆزیترۆنەکـــانی مـــومکین کـــردووە. پرۆتۆنەکـــان بـــریتین لە بـــوخچەیەک لە کـــوارک و دژەپرۆتۆنەکـــانیش هەر بەو شـــێوە لە کـــوارک پێکهـــاتوون، بە بارستاییەک ٢٠٠٠ هێندەی ئەلیکترۆن، تیشکی سینکرۆترۆنی کەمتریـــان هەیە و هەروەهـــا پێکداکێشـــانەکەیان گەورەتـــرە. هەربـــۆیە بـــۆ گەیشـــتن بە وزەیەک کە پێشـــتر پشـــکنینی بـــۆ نەکراوە بەربژێری سەرەکین. ئەمە لە ساڵی ١٩٨٣ لە سێرن، کاتێـــک بەرکەوتنـــی ڕووبەڕووی پرۆتـــۆن و دژەپرۆتۆنەکـــان ڕوویدا، هاتە ئاراوە، کە بووبە هۆی دۆزینەوەی تەنۆلکەکانی $W^{\pm}$ و Z^{0} ، واتە هەڵگرەکانی هێزی لاواز (سەیری بەشی ٧ بکە). بەهەرحاڵ بەرکەوتنەکان دەبێت بەهـۆی دروسـتبوونی دەرئەنجـــامی زۆر و دۆزیـــنەوەی Wیەکـــان و Z وەکـــو دۆزیـــنەوەی دەرزیـــیەکە لەنـــاو هەمبـــارێکی کـــادا. وزەی پرۆتۆنەکـــان دابەشبـــووە بەســـەر کوارکەکانیـــدا و ئەو ئەگەرە هەیە وزەی تـــاک کوارکێـــک لەگەڵ وزەی دژەکوارکێـــک یەک

بگرێتەوە کە پێویستە بۆ دروستبوونی $W^{\pm}$ و Z^0 لەگەڵ ئەوەشدا بەختی بینینی ڕووداوی وا یەک لەناو یەک ملیۆن باری تایبەتی وێنە کۆوەکراوەکانی بەرکەوتنەکانە. تەنگەژەی دوایی دروستبوونی Z^0 یێک بوو، بەشێوەی ڕێکوپێک و بەبێ قەرەباڵغییەکی زۆر، ئەم کارە دەکرێ بەڕێکخستنی گورزەکانی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن بۆ وزەی پێویست ئەنجام بدرێت. ئەمە بوو بە هۆی دروستکردنی پێکدادەرە گەورەکەی ئەلیکترۆن پۆزیترۆن واتە LEP.

تەنگەژە تەکنیکییەکانی دروستکردنی تاقیکردنەوە بە وەها مەشینێک دەکرێ بە گەڕانەوە بۆ LEP ڕوونبکرێتەوە.

کاتێک لەسالانی ۱۹۹۰ LEP دەستی بەکارکرد، بوخچە شێوە دەرزییەکانی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن لەناو دڵی هەستەوەرەکەدا لە هەر ۲۲ میکرۆچرکەدا (۲۲ ملیۆنمی چرکەدا) لەیەکترەوە تێدەپەڕین. تەنانەت ئەگەر هەر بوخچەیەک هەڵگری بەنزیکەیی ملیۆن ملیۆن تەنۆلکە بێت، تەنۆلکەکان بەتەنکی بڵاودەبنەوە، هەر بۆیە کارلێک لەنێوانیاندا دەگمەن بوو. بەرکەوتنێکی سەرنجڕاکێش یان 'ڕووداو' تەنها لە نزیکەی ٤٠ جاردا کە بوخچەکان لەیەکەوە تێدەپەڕن ڕوودەدا. تەنگەژەکە بریتی بوو لە ناسینەوە و کۆکردنەوەی ڕووداوە سەرنجڕاکێشەکان و ون نەکردنیان لەکاتی تۆمارکردنی ژمارەیەکی زۆر لەبەرکەوتنە ئاساییەکان. ئامێرەکەی تۆمارکردنی ئەلیکترۆنی بە یەکەمین نیشانەکانی بەرکەوتنێک بەخێرایی و لەماوەی ۱۰ میکرۆچرکە، وەڵام دەدەنەوە کە ئایا شتێکی سەرنجڕاکێش ڕوویداوە یا نا. ئەگەر

وەها بێت، پرۆسەی خوێندنەوە و لێکدانی زانیاری لە پارچەکانی هەستەوەرەوە دەستپێدەکات و شاشەیەک لەسەر کۆمپیوتەرێک دووبارە شێوازی ڕێچکەی تەنۆلکەکانی دروست دەکردەوە و پیشانی دەدا لەناو هەستەوەرەکەدا وزەکە لە کوێدا کەوتووە.

لەئێستا پێکدادەرگەلێکی گەورەی پرۆتۆن و تەنانەت ناوکی ئەتۆمی لە دروستکردندان بۆ ئەوەی جێگەی LEP بگرنەوە. ئەمە پێکدادەری گەورەی هادرۆنی(LHC)یە کە بڕیارە لە ٢٠٠٧ دەست بەکاربکات. لێرەدا پرۆتۆنەکان بۆ وزەی ٨ ملیۆن ملیۆن ئەلیکترۆن ڤۆڵت (TeV٨) لە گورزەدا تاو دەدرێت، هەربۆیە بە کۆی گشتی بە وزەی TeV١٦ بەریەکتر دەکەون. ئەمە بەنزیکەیی ١٠٠ جار گەورەترە لە وزەی پێکدادەرەکانی LEP و بەنزیکەیی ١٠ جار گەورەترە لە وزەی بەرکەوتنەکانی پرۆتۆن-دژەپرۆتۆن لە تاقیگەی فێرمی.

لە هامبورگ پێکدادەرێکی ناهاوجێی تاقانە هەیە کە لەوێدا گورزەکانی پرۆتۆن دەکێشرێن بە گورزەیەک ئەلیکترۆن یان پرۆتۆن. ئەنجامی بەرکەوتنەکان ئەو توانایپەمان دەداتێ تاوەکو ڕیسە و کوارکەکانی لە مەودای 10^{-19} مەتردا پشکنینی بۆ بکرێت.

کارگەکان

پرسی ئاڵۆزی جیاوازی نێوان مادە و دژەمادە لەم ساڵانەی دواییدا گرنگی زۆری پێدراوە. ئەمە بوو بەهۆی دروستبوونی حەزی زۆر بۆ سیفەتەکانی تەنۆلکە سەمەرەکان و دژەتەنۆلکەکان-کائۆنەکان. لێرەدا ناهاوجێیەکی ورد هەیە، کە بەنزیکەیی ٥٠ساڵ لەوەو پێش دۆزرایەوە و هاوشێوە بن

(bottom) ییەکانیان کە لەواندا ناهاوجێیەکی گەورە پێشبینی کراوە. ئەمە بووە بەهۆی چەمکی کارگەکانی تەنۆلکە، کە لەودا توانایی بەرهەمهێنانی ژمارەیەکی زۆر لە کائۆنەکان یان مێزۆنەکانیB تێیدا مومکین دەبێت.

ئایدیاکە بریتییە لەوەی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لە وزەگەلێکی تایبەتدا بەریەک دەکەون و ڕێکخراون بۆ ئەوەی کائۆنەکان یان مێزۆنەکانی B بەرهەمبهێنن و لەچاو جۆرەکانی تری تەنۆلکە دەخرێنە پێشەوە. لە فراسکاتی(Frascati)، لە نزیکی ڕۆما(Rome)، دافنی(DAFNE) لێیە، کە بریتییە لە مەشینێکی بچووک لەناو ژوورێکدا کە تۆزێک گەورەترە لە سالۆنێکی وەرزش. ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکانی لە وزەی گشتی ١GeV دا هەڵدەوەشێن، کە زۆر گونجاوە بۆ دروستبوونی کائۆن.

کارگەیەکی B لە وزەی گشتی نزیک بە ١٠GeVدا بەرکەوتنی ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن دروست دەکات و بەجۆرێک پێشخراوە تاوەکو مێزۆنەکانی B و دژەتەنۆلکەکانیان ($\underline{B}$ بە باربی دەخوێنرێتەوە) دروستبکەن. بۆ پێشبڕکێ لەم ئالنگارییەدا دوو مەشین لەسالانی ١٩٩٠ دروستکرا- ٢PEP لە ستانفۆردی کالیفۆرنیاو KEKB لە تاقیگەی KEK لە ژاپۆن. کارگەکانی B بەشێوەیەکی سەرنجڕاکێش جیاوازن لە پێکدادەرەکانی پێشووی ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن. لەبەرکەوتنێکی ستاندەری ئەلیکترۆن-پۆزیترۆن، گورزەکان لە ئاراستەی پێچەوانە و بەهەمان خێرایی دەجوولێن، بەشێوەیەک کاتێک تەنۆلکەکان جووڵەکەیان لە کیس دەچێت بەوردی دەسڕێنەوە. کاتێک ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان بە دووبەدوو دەسڕێنەوە، تەقینەوە دروست دەبێت و تەنۆلکەکانی مادە و دژمادە

لەهەمـــوو ئاڕاســـتەکاندا دەردەکەون. لە کارگەکـــانی Bدا گورزەکـانی بەرکەوتـن بەخێرایـی جۆراجـۆر دەجـووڵێن، هەر بۆیە تەقینەوەی دروستبوو خۆشی دەجووڵێت.

بەهۆی ئەم بەرکەوتنە ناهاوجێیە، مـادە و دژە مـادەیەک کە دەردەکەون مەیلیان بەرەو دەرچوونە لە ئاڕاستەی سـەرەتایی و بەخێرایی بەرزترەوە لە گورزەی سـەرەتایی و هەروەهـا لە هەڵوەشـــانەوە لەکـــاتی وەبســـتاندا. ئەمە نەتەنهـــا بینینـــی تەنۆلکەکان، بەڵکو بینینی وەچەکانیشی لەکاتی مردنیدا ئاسـانتر دەکات-ئەمە بەڕێگەی کاریگەریی ڕێژەیی تـایبەت (درێژبـوونی کات) دەکرێت کە واتای ئەوەیە تەنۆلکە ڕزگاربووەکـان کاتێک بەخێرایـی بەرز دەجـووڵێن تەمەنیـان زیـاتر دەبێـت و زیـاتر گەشـت دەکەن (نـزیکەی ١ میلـی مەتـر). ئەمـانە فێڵ و تەکنیکی بنچینەیـین، چـونکە مێزۆنـی B لەدۆخـی وەسـتاودا، تەنهـا بـۆ مـاوەی یەک پیکـۆ چـرکە، واتە یەک لەسـەر ملیـۆن ملیـۆنمی چرکە دەژی و ئەمەش لە پەراوێزی کارەکەدا دەکرێ بپێورێت.
پلانگەلێک بۆ دروستکردنی کارگەکانی نیوترینۆ لە ئارادایە، شـــوێنێک کە توونـــدی ســـەرچاوەی نیوترینۆکـــان ئەو هەلە دەڕەخســـێنێت، تـــاوەکو لێکـــۆڵینەوە لەســـەر ئەم تەنـــۆلکە مەتەڵاویـانە بکرێـت. بارسـتاییەکە هێنـدە بچـووکە ناکرێـت بپێـورێن، بەڵام بەڕێـگەی پێـوانە ناڕاسـتەوخۆکان جیـاوازیی بارستاییەکە دەدۆزرێتەوە. تەنانەت ئەو ئەگەرە هەیە نیوترینۆ و دژەنیوترینۆکـان بگـۆڕێن بەیەکتـر، جـۆرێکی مـادە دەبـێ بەدژەمـــادە، کە دەکـــرێ هەڵگـــری دەرئەنجـــامی قـــووڵ لە تێگەیشـــتنمان ســـەبارەت بە ناهـــاوجێی بهێننەئـــاراوە. ئەم کاریگەرییانە دەکرێ لە کارگە گونجاوەکانی نیوترینۆ بپوێرێت.

لەکۆتاییدا، دۆزینەوەی پێشبینی کراوی بۆزۆنی هیگز لە دواتردا لە کۆتایی ئەم دەیە لەناو پاشماوەی بەرهەمهاتوو لە بەرکەوتنی پرۆتۆنەکان/ دژەپرۆتۆنەکان حەز بۆ دروستکردنی ژمارەیەکی زۆرتر لەوان لەبارودۆخی کۆنترۆڵکراودا هێناوەتە ئاراوە. بۆ ئەو مەبەستە، پلانەکە بریتییە لەوەی کە لە وزەی باشترینـدا بەرکەوتنی ئەلیکترۆن- پۆزیترۆن ئەنجام بدرێت. لێرەوەیە چاوەڕێ دەکرێت بۆ ئەم چەند سەد GeV ە، تاودەری هێڵەکی پێویست بێت. هەربۆیە قسەی زۆر سەبارەت بە دوو تاودەری هێڵەکی دەکرێت، یەکێک بۆ ئەلیکترۆنەکان و یەکێکی تر بۆ پۆزیترۆنەکان، شانبەشانی یەک بۆ دروستکردنی بەرکەوتنی ڕووبەڕووی گورزەکان. داهاتووی فیزیای ئەزموونیی وزەبەرز سەبارەت بە تاودەرەکان بەو شێوەیە لێرەدا باسکرا.

بەشی شەشەم

هەستەوەرەکان: کامێراکان و مەشینی کات

پێداچوونەوەیەک بە هەستەوەرەکانی یەک سەدەدا. ژوورەکانی بلَق- ٥٠ ساڵ لەوەو پێش مەزن بوون، بەڵام ئامرازە ئەلیکترۆنییە نوێیەکان شتی زۆر زیاتر پێشکەش دەکەن. ژوورەکانی بریسکانەوە و نەوەکانی دواتریان. خلۆکەکانی سویسرا لە LEP. خەباتی هەستەوەرەکانی قەبارە کەشتی بۆ LHC. وێنەکان- چۆن ئەوان تەنۆلکە جیاوازەکان لەیەکتر جیادەکەنەوە و تواناییمان دەدەنێ پەیامی بەرکەوتنەکان بکەینەوە.

میتۆدە سەرەتاییەکان

ڕێگەکـانی دەرخسـتنی تەنـۆلکە نـیمچە ئەتۆمییەکـان زۆر ئاشـناترن لەوەی خەڵـک تێـی گەیشـتوون. دەنگـی قرچەقرچـی ژمێرەیەکی گایگەر(Geiger counter) و ڕووناکی دەرچوو، کاتێک تەنۆلکە بـارگە کارەبابیەکانی وەکو ئەلیکترۆن دەکەون لەو مادە تایبەتییانەی کە لەسـەر شاشـەی تەلەفزیۆن وێنەمـان بۆ دروست دەکەن، دوو نموونەن.

ڕازێرفۆرد ناوکی ئەتۆمی بە ڕێگەی کاریگەریی گورزەکانی تەنۆلکەکانی ئەڵفا دۆزییەوە؛ ئەوان بەگۆشـەی گەورە پەرش و بڵاودەبـنەوە. ئەو بـۆ دەرخسـتنی ئەوان کاتێـک لە نـاوکی ئەتۆمەوە بڵاودەبنەوە لەمادەی بریسکاوی سوودی وەرگرت. ڕازێرفـۆرد و هاوڕێیەکـانی ناچـار بـوون چاویـان بەکراوەیـی بهێڵنەوە تـاوەکو بتـوانن بریسکەکان ببینن؛ لەسـاڵانی ١٩٥٠دا ئـامێرە ئەلیکترۆنییەکـان بەشـێوەی ئۆتۆمـاتیکی پرۆسـەی بژاردنی بریسکەکانیان لە مادەی پلاستیکی بریسکاویی نوێوە دەکـرد. کاتێـک تەنـۆلکەیەکی بارگـاوی لەنـاو گـازێکەوە تێـدەپەڕێت، لە دوای خـۆی ڕێچـکەیەک ئەتـۆمی ئایۆنـایز بەجێدەهێڵێت. مەودایەکی بەرفراوان لە هەستەوەری تەنۆلکە، لە ژووری هەورەوە بگـرە بـۆ ژووری چەخماخەلێدانی وایەر، بەشێوەیەک بەندن لەسەر ئەم ڕێچکە بەئایۆن بووە.

بەڕێـگەیەک لەوجـۆرە نـزیکەی سـەدەیەک لەوەو پـێش، ڕازێرفـۆرد تـوانی ئەو تەنۆکـانەی ئەڵفـا دەربخـات کە هەر ساتێک دانەیەک لەوان لە ڕادیۆمەوە دەردەچوو.

سیفەتی سەرەکی بریتی بوو لەوەی، هەسـتەوەرەکە دەبوو ئەو بڕە بچووکەی بە ئـایۆن بوونە، کە بەهـۆی تێپەڕینی تـاکە تەنۆلکەیەکی ئەڵفاوە دروسـت دەبوو زۆر گەورە بکـاتەوە. ئەو ئـامێرە پێکدەهات لە لـولەیەک لەکـانزای بـراس(brass)، کە بە

پەمپ پەستانەکەی بەرێژەیەکی زۆر دادەبەزێنرا و تەلێکی تەنکیش بەناوەڕاستەکەیدا تێدەپەڕێ، وایەرەکە و لوولەکە ١٠٠ ڤۆڵت دەخرایە نێوانیان، کە بوارێکی کارەبایی دەخستە بەردەست. بەم ڕێکخستنە، کاتێک تەنۆلکە لەناوگازە نایابەکەوە تێدەپەڕێت، ئایۆنەکان دروست دەبن. ئەوان بەرەو وایەرەکە ڕادەکێشرێن و لەگەڵ خێراتربوونیان گازی زیاتر بە ئایۆنە دەکەن و کاریگەرییە سەرەتاییەکە بەهێزتر دەکەن. ئایۆنێک دەکرێ هەزاران ئایۆنیتر بەرهەم بهێنێت کە هەموویان لە وایەرە ناوەندییەکەدا کۆتاییان پێدێت و پرتەیەکی بارگەی کارەبایی بەڕادەی پێویست گەورە بەرهەم دەهێنن کە دەکرێ بەهەستەوەرێکی کارەباپێو(Electrometer)ی بەستراوە بە وایەرەکە هەستی پێبکرێت.

لە "ژمێرە گایگەر"ە مودێرنەکان بواری کارەبایی لە وایەرەکەدا هێندە بەرزە کە ئەلیکترۆنێکی تەنها لە هەر شوێنێک لەناو ژمێرەکە دەکرێ تاڤگەیەک لە بەئایۆنیزە بوون ڕێکبخات، بەم شێوە تەنانەت بچووکترین بڕی بە ئایۆن بوون سیگنالێک بەرهەم دەهێنێت.

هەرچەند ئەمە بوونی تیشک دەردەخات، بەڵام زۆر دوورە لەو شتەی کە پێویستە بۆ دەرخستنی تەنۆلکەکان لە تاقیکردنەوەکانی وزە بەرزەکان. ئەوان دەبەسترێنەوە بە هەستەوەرەکانی ترەوە. بۆ ئەوەی بزانی ئەمە چۆن ڕوودەدا، بەسوودە بزانی چۆن دەرخستن پەرەیپێدرا.

یەکەم هەستەوەر کە توانای دەرخستنی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکانی هەبوو، بریتی بوو لە ژووری هەور (cloud chamber)، کە بریتییە لە ژوورێکی شوشەیی کە لەسەر پیستەن (piston)ێک جێگیرکراوە و ناوەکەی پڕە لە هەڵمی ئاو. کاتێک بە خێرایی پیستەنەکە ڕادەکێشی، ئەم کشانە خێرایە گازەکە سارد دەکاتەوە و تەمێک لە کەشە سارد و تەڕەکەدا

دروست دەبێت. کاتێک تەنۆلکەکانی ئەلّفا و بیتا کە لە مادەی ڕادیۆئاکتیڤەوە دێن، لێوەی تێدەپەڕن، ئەتۆمەکانی ناو هەڵمەکە دەکەن بەئایۆنە و دلۆپەکانی هەور بەشێوەی کاتی لەدەوری ڕێچکەکە دروست دەبن. کاتێک ڕووناک دەکرێنەوە، دلۆپەکان وەکو تۆزی بەردەم تیشکی خۆر دەبینرێن.

ژووری هەور بۆ دەرخستنی تەنۆلکەکان لە گوورزە گەردوونییەکان بەکاردەهات، کاراییەکەی بە بەستنەوەی بە ژمێرەری گایگەرەوە پێشخرا. ژمێرەریەکی گایگەر لەسەرەوەی ژووری هەور دابنێ و یەکێکی تر لە ژێرەوە، کەوابوو ئەگەر هەردوکیان هاوکات چەخماخەیان لێدا، بەئەگەری زۆری تیشکی گەردوونی لێیانەوە تێپەڕیوە و ئەمەش مانای ئەوەیە لە ژوورە هەورەکەشەوە تێپەڕیوە. بە بەستنەوەی ژمێرەرەکانی گایگەر بە میکانیزمێکی ڕێلەوە، ئەوکات پرتەی کارەبایی بەرهەمهاتوو لە بەتاڵبوونەوە هاوکاتەکانی چەخماخەی کشانی ژووری هەور و بریسکە ڕووناکییەکان ئەو هەلە دەڕەخسێنن ڕێچکەکان لەسەر فیلم تۆمار بکرێت.

یەکەم نموونەی دژەتەنۆلکەیەک، واتە پۆزیترۆن و هەروەها تەنۆلکە سەمەرەکان (Strange particles)، لەناو تیشکی گەردوونیدا بەڕێگەی ژووری هەور دۆزرانەوە. بەهەرحاڵ بەکارهێنانی ئیمولوسیۆن (emulsions) جێگەی ئەم جۆرە تەکنیکانەی گرتەوە.

ئیمولوسیۆن

پلێتەکانی فۆتۆگرافی لەکارە هەرە سەرەتاییەکان سەبارەت بە ڕادیۆئاکتیڤیتی ڕۆڵی گرنگیان هەبوو؛ لەڕاستیدا بەهۆی تاریکبوونی ئەو پلێتانەوە بوو، کە هەردووی تیشکیX و ڕادیۆئاکتیڤیتی دۆزرانەوە.

لەسـاڵانی ١٩٤٠دا وێنەگریـی ئیمولوسـیۆنی بە کـوالیتی بەرزەوە هـاتە ئـاراوە. کاتێـک بەرپێـگەی بـاڵۆن دەبـران بـۆ بەرزاییە هەرەبەرزەکان یەکەم وێنە جوانەکانی کارلێکی گورزە گەردوونییەکانیان بەرهەمهێنا.

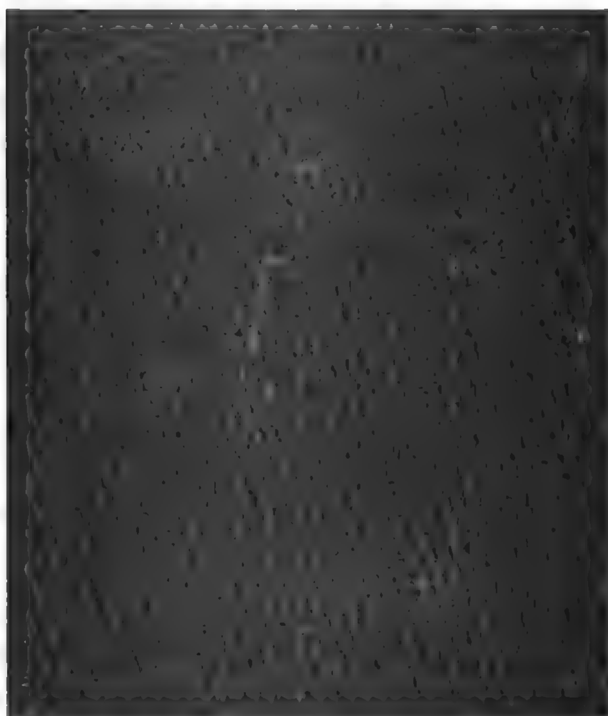
بەتـایبەتی ئەم ئیمۆلوسـیۆنانە بە تەنـۆلکە وزە بەرزەکـان هەستیار بوون؛ رێک وەکو چۆن رووناکی بەهێز پلێتەکانی وێنەگەری تاریک دەکات، دەکرێ رێچکەی تەنۆلکەکان تۆمـار بکـات. دەکـرێ رێچـکەی تـاکە تەنـۆلکەیەک بەرێـگەی هێڵێکـی تاریـــک کە دروســـتی دەکـــات دەربخەیـــن، کە ئەمە لە ئیمۆلوسـیۆنی پەرەپێـدراودا دروسـت دەبێـت. تەنـۆلکەکە بەراسـتی وێـنەی خـۆی دەگرێـت. کۆمەڵێـک لە پلێتەکـانی داپۆشراو بە ئیمۆلوسیۆن بۆ خڕکردنەوەی تەنۆلکەکان بەسـە؛ لەلایەکـی تـرەوە ژووری هەور بـریتییە لە ئـامێرێکی ئـاڵۆز، پێویستی بە ئامێری بەجووڵە هەیە، تاوەکو ژوورەکە بەردەوام بکشـێت و چـڕببێتەوە، کە دەبێـت بە رێگەیەکـی بەسـوود بـۆ دەرخەستن و تۆمارکردنی رێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان.

ژووری بلق

کاتێک تاودەرەکان تەنۆلکەی وزەبەرزیان بەرهەم دەهێنا، تەنـگەژەی نـوێ بـۆ دەرخەسـتنیان هـاتە ئـاراوە. تەنـۆلکە وزەدارەکـان لەنـاو ژووری هەورەوە بەبـێ کارلێـک، لەگەڵ ئەتۆمی گازە تەنکەکانی ناو ژوورەکەوە، تێدەپەڕێن. بۆ نموونە بـۆ تۆمـارکردنی هەمـوو ژیـانی تەنـۆلکەیەکی سـەمەرە، لە دروسـتبوونییەوە تـاوەکو هەڵوەشـانەوە، لە وزەی بەنزیکەیـی چەند GeV یک، پێویستیت بە ژوورێکی هەورە بەدرێژی ١٠٠ مەتر! لەلایەکی ترەوە، ژوورە هەورەکـان هێواشـن: سـووڕی پەستاندنی دووبارە دەکرێ یەک خولەکی پێ بچێت؛ لەسـاڵانی ١٩٥٠ تاودەرەکـانی تەنـۆلکە لە هەر دوو چـرکەدا پرتەیەکـی

پرۆتۆنیان بەڕێ دەکرد. گازەکان بۆ ئەو مەبەستە زۆر تەنک بوون، لەکاتێکدا شلەکان باشتربوون، چونکە چڕی زۆرتری ئەوان واتاکەی ئەوەیە ژمارەی ناوکەکانیان زۆرترە، کە ئەو تەنۆلکانەی وزەیان بەرزترە دەکرێ کارلێکیان لەگەڵی هەبێت. ئەمە دەمانبات بەرەو ژووری بڵق(bubble chamber). ئایدیای بنچینەیی لەوێوە پەرەی پێدەدرێت کە تۆ شلەیەک لە خاڵێکی زۆر نزیک لەخاڵی کوڵاندا بخەیتە ژێر پەستانەوە. ئەگەر لەم بارودۆخەدا پەستان دابەزینی، شلەکە دەستدەکات بە کوڵان، بەڵام ئەگەر بەشێوەی لەپڕ پەستان دابەزینی، شلەکە بەشێوەی شلە دەمێنێتەوە تەنانەت ئەگەر شلەکە لەسەرەوەی خاڵی کوڵاندا بێت. ئەم دۆخە ناسراوە بە شلەی بەرزەگەرم (superheated liquid') هەربۆیە ناهاسەنگ و لەرزۆکە، ئەمە تەنها کاتێک بەردەوام دەبێت کە هیچ پشێوییەک لە شلەکەدا ڕوونەدات. پەستانەکە لابەرە و لەدواییدا بەخێرایی بیکەرەوە بەخۆی. تەنۆلکەکان کە لەماوەی ساتە قەیرانییەکەی پەستانی نزم دێنە ناو شلەکەوە، پشێوییەک دروست دەکەن کە پرۆسەی کوڵان دەخاتە کار، هاوکات ئەتۆمەکانی شلە بەدرێژیی ڕێچکەکەیان دەکەن بە ئایۆن. لەکەرتێک لە چرکەدا، ڕێچکەیەک لە بڵق لەو شوێنەی تەنۆلکەکە پێیدا تێپەڕیوە دروست دەبێت، کە دەکرێ وێنەکەی تۆمار بکرێت. بەخێرایی وەکو خۆی لێکردنی پەستان واتای ئەوەیە شلەکە جارێکی تر چووەتەوە ژێر خاڵی کوڵان و هەموو پرۆسەکە دەکرێ بەخێرایی دووبارە ببێتەوە.

کرداری ژووری بڵق لە نزیکەوە گرێدراوە بە سووڕی کرداری ئەو تاودەرەی خۆراکی دەداتێ. تەنۆلکەکان کاتێک دێنەناو ژوورەکەوە کە پیستنەکە بەتەواوەتی کێشراوەتە خوارەوەوە و پەستانەکە کەمترینە و شلەکەش بەرزەگەرمە.



وێنەی ۱۵. تیشکی گەردوونی یەکەم ئامازەکانی بۆ تەنۆلکە نیمچە ئەتۆمییە نوێیەکان خستە بەردەست فیزیاییەکان، کە دواتر بەوردی لەتاوەرەکاندا لێکۆڵینەوەی لەسەر کرا. پۆزیترۆنەکان، موئونەکان، پایۆنەکان و کائۆنەکان هەموویان لەم وێنەدا کە لە ژوورێکی بڵقی دوو مەتری لە تاقیگەی سێرن تۆمارکراوە دەبینرێن.

بەنزیکەیی یەک میلی چرکە دواتر، چەخماخە کەوانێک لە ڕووناکی، ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان کە لە بڵقەکانەوە تێپەڕیون ڕوون دەکاتەوە. دواکەوتنی نێوان پەستانی کەمترین و فلاشەکە ئەو هەلە دەرەخسێنێت بڵقەکان بەڕادەی پێویست گەورە ببنەوە، تاوەکو لە وێنەکەدا دەربکەون. لە هەمانکاتدا، کە پیستنەکە لەناو ژوورەکەدا بەرەودواوە دەجووڵێت، پەستان دووبارە بەرز دەبێتەوە و فیلمی ناو کامێراکە بە ئۆتۆماتیکی

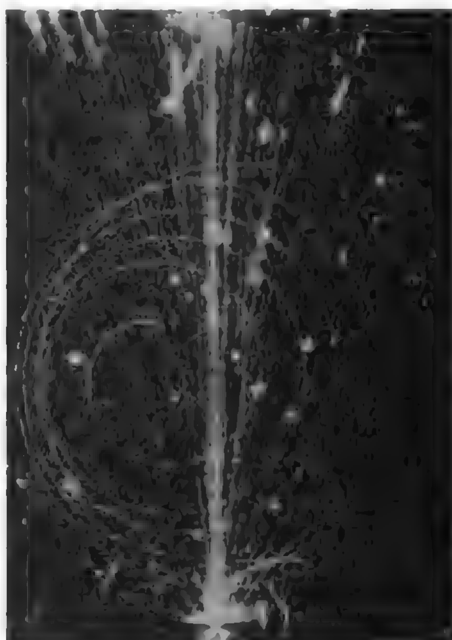
دەچێت بۆ فڕینی دواتر. کەوابوو نزیکەی یەک چرکەی دەوێ بۆ ئەوەی ژوورەکە وەکو خۆی لێ بێتەوە و ئامادە ببێت بۆ کشانی دواتر. بەم شێوە ژووری بلّق پیشاندەدا کە تەنۆلکەکان لە کوێ بوون و دەکرێ ڕەفتاریان دواتر بەهێمنی لێکۆڵینەوەی لەسەر بکرێت.

لە بواری موگناتیسی دا، ڕێچکەی تەنۆلکەیەک دەبێت بەچەماوە، ئاراستەکەی پیشاندەدا بارگەکە نێگەتیڤە یان پۆزەتیڤە و نیوەتیرەی چەماوەکە تەوژمەکەی پیشاندەدا، هەر بۆیە دەتوانین بارگە و تەوژمی لێ هەڵێنجێنین؛ ئەگەر تۆ خێرایی و تەوژمی تەنۆلکەیەک بزانی، دەتوانی بارستاییەکەی واتە پێناسەکەی هەژمارد بکەیت.

لە یەکێک لە میتۆدەکانی دیاریکردنی خێرایی لە دوو ژمێرەری بژاردنی بریسکانەوە سوودیان وەرگرت، کە هەموو جارێ کە تەنۆلکەی بارگاوی تێدەپەڕێت، بریسکەیەکی ڕووناکی دروست دەکات. هەر بریسکانەوەیەکی ڕووناکی دەگۆڕێت بۆ پرتەیەکی کارەبایی کە پاشان بەهێز دەکرێت و دەبێت بە نیشانە (سیگناڵ)ی کارەبایی. بەم ڕێگە دوو یان زیاتر ژمێرەری بریسکانەوە دەکرێ ڕێچکەی فڕینی تەنۆلکەیەک کاتێک هەرکام لەوان جەخماخەیەک لە هەر کام ژمێرەرەکاندا بەرهەم دەهێنن، بەرهەم بهێنێت. بەپێی ئەو کاتەی کە دەبیات تاوەکو تەنۆلکەیەک لە نێوان دوو ژمێرەرەکەدا بفڕێت، خێرایی تەنۆلکەکە دەکرێ دیاری بکرێت.

بەهەرحال، ئەم تەکنیکە یارمەتی چارەسەری مەتەڵی شوناس لە باری وێنەیەکی ژووری بلّق ناکات. زۆربەی کات تاکە ڕێگە بریتی بووە لە پێدانی شوناس بە ڕێچکە جیاوازەکان و لەدواییدا وزە و تەوژمی هەموو تەنۆلکەکان کە لە کارلێکەکە دەردەکەون هەژمارد بکرێت. ئەگەر ئەوان بەها ناسراوەکانی پێشوویان هاوسەنگ نەبێت، شوناسە گریمانەکراوەکان دەبێت

هەڵە بێت و ئەوانیتر دەبێت هەڵسەنگاندنی بۆ بکرێت، تاوەکو لەکۆتاییدا وێنەیەکی گونجاو دەدۆزرێتەوە. ئەمە کاتبەر بوو، بەڵام دۆخە هونەرییەکە هی دەوروبەری ساڵانی ١٩٦٠ە.



وێنەی ١٦.ڕێچکەی ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکە لەم وێنەی تاقیکردنەوەی ٣٥NA لە سێرنی جنێڤ کراوە بە شیاو بۆ بینین. تەنۆلکەکان لە بەرکەوتنی ئایۆنێکی ئۆکسیجین لەگەڵ ناوکێکی ئەتۆمی قورقوشمی بە ئامانج گیراو لە لێواری خوارەوەی وێنەکەوە دەردەچن. هێڵە تەنکە ڕووناکەکان پیشاندەری ڕێچکەکانیانە کاتێک لە ناوچەی کاریگەریی بوارێکی موگناتیسی تێدەپەڕن، تەنۆلکە بارگە پۆزەتیڤەکان بەلایەکدا دەڕۆن و نێگەتیڤەکان بە لایەکی تردا. زۆرترینی تەنۆلکەکان زۆر پڕوزەن، بۆیە ڕێچکەکانیان تۆزێک دەچەمێنەوە، بەڵام لانیکەم تەنۆلکەیەک، وزەکەی زۆر کەمە و چەندینجار لەناو هەستەوەرەکەدا سووڕاوەتەوە و ڕێکەی لەشێوەی قاوخی هێلکەشەیتانۆکە دروستکردووە.

ناسـینەوەی تەنۆلکەکـان بەڕێـگەی ئەم هەژماردکردنـانەی ئەزمـوون و هەڵە جۆرێک کـاری دووپـاتکردنەوەی بەردەوامە، کە بە کۆمپیوتەر باشتر دەکرێت و لە ئیمڕۆدا ژوورەکانی بڵق بە هەسـتەوەرە ئەلیکترۆنییەکـان بەسـتراونەتەوە کە ئەو توانابییەیان دەداتێ باشتر شیکاری کۆمپیوتەریان پێ بکرێت.

لە ژووری بلقەوە بۆ ژووری چەخماخە

ژوورێکی بڵق دەکرێ وێنەیەکی تەواو لە کارلێکێک بخـاتە بەردەسـت، بەڵام هێشـتا سـنووردارییەتی هەیە. ئەوان تەنهـا کاتێک هەستیار دەبن کە ناوەڕۆکەکەی لە دۆخی بەرزەگەرمدا بێت، ئەویـش دوای کشـانێکی خێرا دێتە ئـاراوە. تەنۆلکەکـان دەبێت لەماوەیەکی زۆر کورتی چەند میلی چرکەیی، پێشئەوەی پەسـتانەکە جـارێکی تـر بـۆ جەمانـدنی گەشـەی بڵقەکـان بەکـاربهێنرێتەوە، بێـنە نـاو ژوورەکەوە. لێکـۆڵینەوە لە ژمـارەیەکی زۆر کـارلێکی دەگـمەن پێویسـتی بە تەکنیکـی کـارامەی زیـاترە. لەسـالانی ١٩٦٠ەکانـدا بەشـێوەیەکی ئایـدیال گونجاو بوونی خۆی سەلماند.

بنچینەی ژووری چەخمـاخە بـریتییە لە ڕووبەرە هـاوڕێکە کانزاییەکـان کە بە جیـاوازی چەنـد میلـی مەتـر لە یەکتـرەوە جێگیـرن و لەنـاو گـازی بێکـارگەریی (کەمتـر کـارلێککەر) دان، وەکو گازی نیئۆن. کاتێک تەنۆلکەیەکی بارگاوی لە ژوورەکەوە تێـدەپەڕێت، وەکـو ژووری هەور ڕێچکەیەکـی ئـایۆن لە دوای خۆی لەنـاو گازەکەدا بەجێدەهێڵێت. هەرکاتێک تەنـۆلکەکە لەو نـاوەوە تێـدەپەڕێت بەشـێوەیی جێگـۆڕکێ ڤـۆڵتییەیەکی بەرز دەخـرێتە سـەر پلێتەکـانی نـاو ژووری چەخمـاخەکە. بەهـۆی

فشاری بواری کارەباییەوە، جەخماخەکان بەدرێژیی ڕێچکەی بەئایۆن بوونەکە دروست دەبن. پرۆسەکە وەکو پرۆسەی ناو تۆفانێکی کارەبایی وایە. ڕێچکەی چەخماخەکان دەکرێ وێنەیان تۆمار بکرێت یان تەنانەت دەکرێ شوێنەکانیان بە ڕێکخستنی دەنگی چرکەکانیان بەپێی کات و بەڕێگەی مایکرۆفۆنی ئەلیکترۆنی تۆمار بکرێت. بەهەرحاڵ وێنەیەک لە ڕێچکەی تەنۆلکە دەکرێ بۆ شیکاری کۆمپیوتەری لە دواتردا دروستبکرێت.

جوانی ژووری چەخماخە لەوەدایە کە هەڵگری یادگە(memory)یە و دەکرێ بەکاربهێنرێت. ژمێرەرەکانی بژاردنی بریسکانەوە کە لە دەرەوەی ژوورەکە دانراون و بەخێرایی وەڵام دەدەنەوە، دەکرێ بۆ دەستنیشانکردنی تەنۆلکە بارگاوییە تێپەڕیوەکان لە ژوورەکەوە سوودی لێ ببینرێت. لەکاتێکدا هەموو ئەمانە لەماوەی یەک لەسەر دەی میکرۆچرکەدا ڕوودەدا، ئایۆنەکانی ناو کەلەبەرەکانی ژووری چەخماخە هەر لەوێ دەبن و پرتەکانی ڤۆڵتییەیی بەرز ڕێچکەکان دەردەخات.



وێنەی١٧. وێنەیەک لە یەکەم بینینی تەنۆلکەی W- تەنۆلکەیەکی بارگـاوی کە هەڵگـری هێـزی لاوازە(*weak force*)، کە لە هەستەوەری *UA*١ لە *CERN* لە ساڵی ١٩٨٢دا تۆمارکراوە.

*UA*١ بەرکەوتنـی ڕوودەڕووی پرۆتـۆن و دژەپرۆتۆنەکـان دەردەخست، کە لەم بینینـەدا لەچەپ و ڕاسـتەوە دێـنە ناوەڕاستی هەسـتەوەرەکە و بەریەک دەکەون. شاشـەی کۆمپیـوتەرەکە، بەشی ناوەندی ئامێرەکە پیشان دەدا، کە ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان بە هەزاران وایەر دەردەخـات. هەرخاڵێـک لە وێـنەکەدا گرێـدراوە بە وایەرەکەیەوە کە پرتەیەکـی بەئـایۆنی بـوو تۆمـار دەکـات. لەنـاو ژمـارەی زۆر ٦٥ ڕێچـکەی بەرهەمهـاتوو تەنهـا یەکێکیـان هەڵوەشـانەوەی W پیشـاندەدا، کە بەشێوەیەکی خێرا لەبەرکەوتنی پرۆتـۆن و دژەپرۆتـۆن دروست دەبێت. ڕێچـکەکە بەهـۆی بـوونی ئەلیکترۆنێکەوە بەوزەی بەرزەوە دروستبووە. بەکۆکردنەوەی وزەی هەمـوو تەنۆلکەکانی تـر دەردەکەوێت وزەیەکـی تارادەیەک زۆر لە ئاراسـتەی پـێچەوانەی ئەلیکتـرۆنەکە ونبـووە، لەوانەیە بەهـۆی نیوترینـۆیەکی کەسـنەبینەوە بێـت. نیوترینـۆ و ئەلیکتـرۆن پـێکەوە هەڵگری هاوتـای ئەو وزەیەن کە یەکسـانە بە بارسـتایی تەنـۆلکەی Wی کورت تەمەن.

پلێتەکـــانی ژووری چەخمـــاخە دابەش دەبـــن بە ڕووبەرە هاوڕێکەکانی هەڵگری وایەر، مەودای دوورییەکەیان لە یەکتر نـزیکەی میلـی مەتـرێکە. پـرتەی تەزووی پەیوەندیـدار بەهەر چەخمـاخەیەکەوە تەنهـا بەهـۆی وایەرێـک یـان دوانـی نزیـک لێوەی هەستی پێدەکرێت. بۆیە بە تۆمـارکردنی ئەو وایەرانەی هەست بە چەخماخەکان دەکەن، دەزانی لەو یەک میلی مەترەدا تەنۆلکەیەک تێپەڕیـوە. سـەرنج بـدەن چـۆن ئەمە ئەو توانـاییە دەدا بە وایەرەکانی ژووری چەخماخە تاوەکو زانیاری بەرهەم بهێـنن، کە ئامـادەیە بـۆ کۆمپیـوتەر بگـوازرێتەوە، تـاوەکو پرۆسەی زیاتری لەسەر بکرێت.

ژوورەکانی چەخماخەی وایەری دەکرێ ١٠٠٠ جار خێراتر بێـت لە زۆرترینـی ژوورەکـانی هەڵـم و بەتـایبەتی بە باشـی لەگەڵ تەکنیکەکانی کۆمپیوتەردا بۆ تۆمارکردنی داتا گونجاوە، کە لەساڵانی ١٩٦٠ دا پەرەیپێدرا. سیگناڵەکانی ژمارەیەکی زۆر لە هەســـــتەوەرەکان- ژمێرەرەکـــــانی بریســـــکە، ژوورە وایەرییەکان- دەکرێ ببەسترێنەوە بە کۆمپیوتەرێکی بچووکی ئۆنلاینەوە، کە نە تەنها داتاکان لەسـەر شریتە موگناتیسـەکان بـۆ شـیکاری دواتـر بەشـێوەی ئۆفلاین تۆمـار دەکەن، بەڵکـو داتـــای بـــارخۆر (feed back) بـــۆ فیزیاییەکـــان لەو تـاقیکرنەوانەی لە پێشـکەوتندان دەخـاتە بەردەسـت. کـۆمەڵەی ژوورەکانی هەڵگری وایەر لە سێ ئاڕاستەی جیاوازدا زانیاری پێویست بۆ وێنەی سێ ڕەهەندیی ڕێچکەی تەنۆلکەکە دەخاتە بەردەســـت. هەروەهـــا کۆمپیـــوتەر دەکـــرێ وزە و تەوژمـــی تەنۆلکەکـان هەژمـارد بکـات و هەڵسـەنگاندن بـۆ شوناسـیان بکـــات.لە دەیەی ١٩٦٠ ژوورەکـــانی چەخمـــاخە ئەو هەلەی

ڕەخساند تاوەکو داتای کارلێکە تایبەتەکان بەخێرایی کۆبکرێنەوە؛ لەلایەکی تر ژوورەکانی بڵق، وێنەی زۆر تەواوتریان لە ڕووداوەکان تۆمار دەکرد، بە خاڵەکانی کارلێکی گرداو(vertex)یشەوە.

هەستەورە ئەلکترۆنیکی و بینینییەکان تەواکەری یەکتر بوون و پێکەوە ڕاوگەیەکی خۆشیان بۆ ڕاوچییەکانی تەنۆلکە نەناسراوەکان دەستەبەر دەکرد.

ژوورەکانی بلقی ئەلیکترۆنی

لە تاودەرە نوێیەکانی تەنۆلکەدا، ژمارەی کاردانەوە و کارلێکەکان بە بەراورد بەوانەی کە لەسەردەمی ژوورەکانی بڵق و تەنانەت سەرەتاکانی ژووری چەخماخەدا هەبوون یەکجار زۆرترە. پەرەسەندنە نوێیەکانی ژووری فرەوایەرە گونجاو (multiwire proportional chamber)ەکان و ژووری خزان(drift chamber) کە زۆر خێراتر و وردترن لە ژوورەکانی چەخماخە وایەرییەکان(wire spark chambers)، بە تایبەتی ژووری خزان و گۆڕانەکانی بەنزیکەیی لە هەر تاقیکردنەوەیەکی ئەمڕۆدا سەبارەت بە دەرخستنی تەنۆلکە بارگاوییەکان بەرجەستە بووە.

ژوورێکی گونجاوی فرەوایەر بەڕواڵەت زۆرتر هاوشێوەی ژووری چەخماخەیە کە بریتییە لە خرکراوەیەک لە سێ ڕووبەری هەڵگری وایەری هاوڕێک کە لەناو ڕێسەیەکی پڕ لە گازدایە. بەڵام جیاوازییەکەی لەوەدایە ڕووبەرە وایەرییە ناوەندییەکان بە بەردەوامی لە ڤۆڵتییەیی پەستانی کارەبایی ٥٠٠٠ ڤۆڵتی بەپێی ڕووبەرە دەرەکییەکان ڕاگیراون. بەدواییدا تەنۆلکە بارگاوییەکان هەرەسی ئەلیکترۆنە ئایونییەکان بەڕێ

دەخەن. ژوورێــک کە وایەرەکــانی تەنهــا ١-٢ میلــی مەتــر لەیەکتـــری دوورن دوای ئەوەی تەنـــۆلکەیەک تێـــپەڕی لە مــاوەی چەنـد یەک لەســەر مـایکرۆچرکە ســیگناڵێک بەرهەم دەهێنن کە بەتێپەڕین لە هەر وایەرێکەوە، تاوەکو یەک ملیۆن تەنـۆلکە لە چـرکەدا تێـدەڕێنن- ئەمە بە پێشـکەوتنێکی هەزار بەرامبەری بە بەراورد بە ژووری چەخماخە هەژمارد دەکرێت.

خـاڵی لاواز بـریتییە لەوەی کە بـۆ دەرخسـتنی ڕێچـکەی تەنۆلکەکان لە قەبارەیەکی گەورەدا، بۆ نموونە مەترێکی سێ گۆشـە، ژمـارەیەکی زۆر وایەر لەگەڵ ئـامێری ئەلکترۆنـی بـۆ بەهێزکردنی سیگناڵەکان پێویستە. سـەرەڕای ئەوە وردبینییـان سنووردارە. ئەم کێشـانە بە ژووری خزان(drift chamber) چارەسـەر دەبێت، کە ئایـدیا سـەرەکییەکەی پێوانی کـاتە بـۆ دەرخســـتنی مەودا- کە دەکـــرێ بەوردی بە ئەلیکترۆنیکـــی مـودێرن ئەنجـام بـدرێت. دووبـارە ئەم ژوورەش پێکهـاتووە لە وایەری هــاوڕێکی ڕایەڵکـراو لەنـاو قەبـارەیەکی گـازدا. بەڵام هەندێک لە وایەرەکان بـواری کارەبایی دروست دەکەن، کە لە ڕاستیدا کاریگەرییەکەی لە قەبارەیەکی گەورەدا دابەش دەبێت بەیەکەی بچـووکتر یـان خـانە(cell). هەر خـانەیەک وەکـو هەسـتەوەرێکی تاقـانە کاردەکـات، کە لەودا بـواری کارەبـایی ئەلیکترۆنە ئایۆنییەکـان لە ڕێچکەی تەنۆلکەیەکی بارگـاوییەوە بەرەو وایەری هەستەکیی ناوەندی ئاڕاستە دەکەن. ئەو کـاتەی کە پێویســـتە بـــۆ ئەوەی ئەلیکترۆنەکـــان بـــگەن بەم وایەرە پێـوەرێکی باشــە بـۆ مەودای ڕێچـکەکە تـا دەگـات بە وایەرە هەستەکییەکە. ئەم تەکنیکە دەکرێ ڕێچکەی تەنۆلکەکان تاوەکو نزیکەی ٥٠ میکرۆمەتر جێگیر بکات.

مایکرۆسکۆپی سیلیکۆنی

چەنــدین تەنــۆلکەی ســەمەرە هەن کە تەنهــا بەنزیکەیــی 10^{-10} چرکە دەژیـن، لەو مـاوە کورتەدا لەوانەیە بە خێراییی ڕووناکی بجولێن و چەند میلی مەترێک ڕێگە ببڕن. لەم مەودا دوورییەدا ئەوان شـوێن پێـی خۆیـان بەجێدەهێڵن کە دەکـرێ بپێورێت. ئەو تەنۆلکانەی هەڵگری کوارکەکانی بن (bottom) یـان ئەفســون(charm)ن، بەگشــتی زیـاتر لە 10^{-13} چـرکە نـاژین و لەوانەیە تەنهـا ٢٠٠ مایکرۆمەترێـک ڕێـگە ببـڕن. بـۆ بینینی ئەوان دەبێت دڵنیا بیت کە ئەو بەشـە لە هەسـتەوەرەکە، کە زۆر نزیکە لە خاڵی بەرکەوتنەکە، وردبینییەکەی زۆربەرزە. لە ئیمــڕۆدا بەنزیکەیــی هەمــوو تاقیکردنەوەکــان هەڵگــری هەسـتەوریکی گـرداوی(vertex) سـیلیکۆنین، کە دەکـرێ ئەو گرێ بچووکانەی کە لەوێدا ڕێچکەکانی هەڵوەشانەوەی تەنۆلکە تەمەن کورتەکـــان، کە لەوانەی تەمەنیــــان درێژتـــرە دوور دەکەونەوە، دەربخات.

کاتێــک تەنــۆلکەیەکی بارگــاوی لە نــاو ســـیلیکۆنێکەوە تێدەپەڕێت، ئەتۆمەکان بە ئایۆن دەکات، ئەلیکترۆنەکان ئازاد دەکــات، کە دەکـرێ کارەبـا بکەیەنـن. تەکنیکـی بـاو لەگەڵ ســـیلیکۆن بـــریتییە لە دابەشـــکردنی ڕووبەرەکەی لەکـــاتی دروسـتکردندا بە توێی تەنکی هاوڕێک، کە مەودای دوورییـان لە یەکتر نزیکەی ٢٠ میکرۆنە (یەک میلیۆنمی مەتر)، کە پێوانی وردی ڕێچکە تاڕادەی باشتر لە ١٠ میکرۆن دەدا بەدەستەوە.

هەسـتەوەرە تـوێ تەنکەکـانی سـیلیکۆن هـاتوونەتە نـاو پێکدادەرەکان و میکرۆسـکۆپە وردبینە بەرزەکان و بۆ بینینی لولەکەکـــانی گـــورزە بەکاریـــان دەهێـــنن، لە شـــوێنێک کە گرداوەکانی هەڵوەشانەوەی تەنۆلکەکان دەکرێ نزیک لە خـاڵی

بەرکەوتن ڕوو بدەن. ئەوان گرنگی خۆیان لە دیاریکردنی تەنۆلکەکانی B کە هەڵگری کوارکە قورسەکانی B ین سەلماندووە. کوارکەکانی بن(bottom) حەزیان لێیە هەڵوەشانەوە بۆ کوارکەکانی دڵڕفێن(charm)، کە ئەوانیش حەزیان لێیە بۆ کوارکە سەمەرەکان(Stranges) هەڵوەشن. ئەو تەنۆلکانەی کە هەڵگری هەرکام لەم کوارکانەن لەماوەی 10^{-12} چرکەدا هەڵدەوەشن و تەنها چەند میلی مەترێک گەشت دەکەن، تەنانەت کاتێک لەو ماشینانەی کە هەڵگری بەرزترین وزەن بەرهەم دێن. لەگەڵ ئەوەشدا مایکرۆسکۆپە سیلیکۆنییەکان کە لەناو دڵی هەستەوەرەکاندا بنیاد نراون، زۆربەی کات دەتوانن زنجیرەی هەڵوەشانەکان لە بن(bottom)ەوە بۆ ئەفسۆن(charm) دیاری بکەن. لە تیڤاترۆن(Tevatron)ەکەی تاقیگەی فێرمی(Fermilab) بینینی تەنۆلکەکانی بن بەم ڕێگە لەکاتی دۆزینەوەی کوارکی ترۆپک(top)، کە ماوەیەکی زۆر بەدواییدا دەگەڕان زۆر گرنگ بوو، ئەم کوارکە حەزی لێیە بۆ کوارکی بن هەڵوەشێت.

دەرخستنی نیوترینۆ

زۆر زەحمەتە بکرێ نیوترینۆیێک لە کاتی کارلێک لەگەڵ مادە لە هەستەوەرێکدا دەربخرێت، بەڵام ئەگەر نیوترینۆکان بەڕادەی پێویست بن و هەستەوەرەکان گەورە بن، ژمارەیەکی کەمیان وەگیر دەکەون. ئایدیای سەرەکی بۆ دەرخستنی ئەم ژمارە دەگمەنانە، بەکارهێنانی حەزی ئەوانە بۆ گۆڕین بە تەنۆلکەی بارگەداری لیپتۆن(lepton)ی، بۆ نموونە ئەلیکترۆن، کاتێک ئەوان بەرکەوتنێک دروست دەکەن، ئەلیکترۆنێکی بارگاوی ئاسانە دەربخرێت. بەم ڕێگە بوو کە ئێمە شتی زۆر

سەبارەت بەو نیوترینۆنانەی کە هەموو چرکەیەک لێشاوەکەیان لەخۆرەوە بەرەو ئێمە شۆڕ دەبێتەوە، تێگەیشتین.

کاتێک ڕووناکی لەمادەوە، بۆ نموونە لە ئاوەوە، تێدەپەڕێت، خێراییەکەی کەمتر دەبێت لەو کاتەی بەفەزای ئازاددا دەڕوات. هەرچەند لە بۆشاییدا هیچ شتێک ناکرێ خێراتر لە خێرایی ڕووناکی بجوولێت، بەڵام جوولەی خێراتر لە خێرایی ڕووناکی لەناو مادەیەکدا دەکرێ ڕووبدات و دەبێت بەهۆی دروستبوونی جۆرێک هەڵتەکانەشەپۆل(Shock wave)ی ڕووناکی بینراو، کە ناسراوە بە تیشکی چێرنکۆف(Cerenkov radiation). تیشکی چێرنکۆف بەگۆشەیەک لەگەڵ ڕێچکەی تەنۆلکەکە بڵاودەبێتەوە و هەرچی خێرایی تەنۆلکەکە گەورەتر بێت ئەم گۆشە گەورەترە. لە تاقیکردنەوەی بەرزەکامیۆکاند(SuperKamiokande) ئەو نیوترینۆیانە بەم شێوە دەبینرێن، کاتێک کارلێک لەگەڵ ئاو دەکەن و بەند لەسەر جۆری نیوترینۆکە ئەلیکترۆنێک یان موئونێک دروست دەبێت. بەپێچەوانەی نیوترینۆکانەوە ئەم تەنۆلکانە بەشێوەی کارەبایی بارگاوین و خێراتر لە خێرایی ڕووناکی بەناو ئاودا جوولە دەکەن و دەکرێ تیشکی چێرنکۆف بدەنەوە. بەسەرنجدان بە شیکاریی وردی شێوازەکانی ڕووناکی، دەکرێ موئون و ئەلیکترۆنە دروستبووەکان لەناو هەستەوەر لە یەکتری جیابکەینەوە. هەر بەو ڕێگەش لە نێوان نیوترینۆکانی ئەلیکترۆن و موئون.

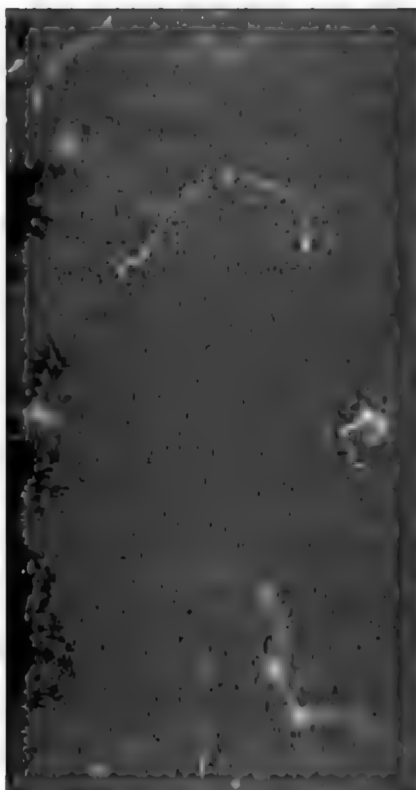
ڕوانگەی نیوترینۆ سوودبوری((The Sudbury Neutrino Observatory) (SNO کە لەکانی نیکلی سوبوری لە ئۆنتاریۆ ٢٠٧٠ مەتر لەژێر زەویدایە. ناخەکەی بریتییە لە هەمارێکی گەورەی ئاکرلیک(acrylic) کە پڕ کراوە

له ۱۰۰۰ تەن ئاوی قورس کە ناوی دتریۆم(deuterium)ە، و لەودا نیوترۆنێک جووت دەبێت بە پرۆتۆنەکەی هایدرۆجینی ئاساییەوە. لەناو SNOدا، کارلێکی ئەلیکترۆن-نیوترینۆکان کارلێک دەکەن لەگەڵ نیوترۆنەکانی ناو دوتریۆم و ئەلیکترۆن و پرۆتۆن دروست دەکەن و ئەلیکترۆنە خێراکان کاتێک لە ئاوی قورسەوە تێدەپەڕن تیشکی چێرنکۆڤی قوچەکی دروست دەکەن. ڕووناکی چێرنکۆڤ لەسەر ڕووبەری ناوەوەیی هەمارەکە شێوازی هەڵقەیی دروست دەکەن، کە بە ڕێکخستنێکی هەزاران لولەکی ڕووناکی کە بەدەوری دیوارەکاندا دانراوە تۆمار دەکرێت.

بەهەرحاڵ توانای سەرەکی لە SNOدا بریتییە لەوەی دەکرێ بەڕێگەی کارلێکێکی تاقانەی دتریۆمەوە هەر سێ جۆرەکەی نیوترینۆ دەربخات. نیوترینۆیەک، جا لە هەر جۆرێک بێت دەکرێ ناوکی دتریۆم کەرت بکات و نیوترۆنەکەی ئازاد بکات، کە دەکرێ لەلایەن ناوکێکی ترەوە هەڵبمژرێت.

ئەم هەڵمژینە کاتێک دەردەخرێت، کە ناوکی ئاوسبوو بەدەردانی وزە بەشێوەی تیشکەکانی گاما، کە ئەوانیش دەکرێ ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن خەڵق بکەن و شێوازگەلێکی دیاریکراو لە ڕووناکی چێرنکوڤ لە ئاوەکەی دەوروبەریان دروستبکەن.

بەڕێگەی ئەم تاقیکردنەوانە دەکرێ نیوترینۆ دەرچووەکانی خۆر بژمێردرێن. کە پشتڕاستی ئەوە دەکاتەوە خۆر بەڕاستی بزوێنەرێکی ناوکە یەکبوونە، کە ئەمە بریتییە لە چۆنیەتی سوتانی ئەستێرەکانی وەکو خۆر، لە مێژ بوو پێشبینیکرابوو، بەلام لەکۆتایدا لە ساڵی ۲۰۰۲ دا سەلما.



وێنەی ١٨. ئەلیکترۆنەکان-گورزەکانی بیتا-بارستاییەکەیان زۆر بچووکترە لە تەنۆلکەکانی ئەلفا و بۆ وزەی هاوشێوە خێراییەکەیان زۆر بەرزترە. ئەمە واتای ئەوەیە کاتێک ئەلیکترۆنە خێراکان لە ئەتۆمەکانەوە تێدەپەڕن و بەخێرایی دەیانکەن بە ئایۆن، وزە لەدەست نادەن. لێرەدا ئێمە چەندجار ڕێچکەی گورزە خێراکانی بیتای ئەلیکترۆن دەبینین. (ڕێچکە ئەستورە کورتەکە گورزەی بیتا دروستی نەکردووە؛ ئەوان لە ئەتۆمەکانی ئەو گازانەوە دەرچوون کە ژوورەکەیان لێ پڕکراوە و تیشکی نەشیاو بۆ بینینی Xیان لێدراوە. ڕێچکەکان ئەستورترن، چونکە زۆر هێواشتر لە گورزەی بیتا دەجوولێن و زیاتر ئایۆنایز دەکەن. ئەوان بەدەوروبەردا تلۆر دەبنەوە، چونکە بەردەوام لەملاولاوە لەگەڵ ئەلیکترۆنەکانی ناو ئەتۆمەکانی گازەکە، بەرکەوتنی ئیلاستیکیان هەیە.)

هەستەوەرەکان لە پێکدادەرەکاندا

هەستەوەرە ئەلیکترۆنیکییەکان بەرچاوترین ئەنجامەکانیان لەو ناوەندانەدا تۆمارکردووە کە ژوورەکانی بلّق دەستیان پێی ناگات- بۆ نموونە لە مەشینەکانی پێکدادەری گورزەدا کە تەنۆلکەکان لەناو گورزەیەکی لولەکیدا ڕاستەوخۆ لەیەکتر دەکەون.

ئەم پارچە جیاوازنە لە ئیمڕۆدا لەناو هەستەوەرە لولەکییەکاندا کە دەوری خاڵی کارلێک لە تاودەرێکی پێکدادەردا دەدەن پێکەوە کۆدەکرێنەوە. بەرکەوتنەکە لەسەر تەوەری ناوەندی هەستەوەرەکە ڕوودەدات. لەگەڵ هاتنەدەرەوەی ئەنجامەکان لەگەڵ زنجیرەیەک پارچەی جیاوازی هەستەوەر بەرەوڕوو دەبێت، کە هەرکام لەوان لە ناسینەوەی تەنۆلکەکاندا تایبەتمەندیی خۆیان هەیە.

لە پێکدادەری گەورەی هادرۆنی (LHC) پۆلگەلێک لە تەنۆلکە چل ملیۆنجار لەچرکەدا بەناو یەکدا تێدەپەڕن و هەرجارەی کە لەیەکەوە تێدەپەڕن ٢٥ جار بەرکەوتن دروست دەکەن کە کۆی گشتی دەبێت بە یەک ملیارد بەرکەوتن لە چرکەدا. نرخی داتای خرکراوە لە هەستەوەرەکەدا هاوتای بەپرۆسەکردنی زانیارییە بۆ ٢٠ گفتوگۆی هاوکاتی تەلەفۆنی لە نێوان هەر پیاو، ژن و منداڵێک لەسەر زەوی.

هەستەوەرە زەبەلاحەکان لەخاڵەکانی بەرکەوتندا جێگیر دەکرێ. CMS(سۆلۆنیدی موئونی چڕ (Compact Muon Solenoid) و ATLAS (ئـــــــــــــامێری تۆرۆیــدی(Toroidal)(هەڵقەیـــی) LHC) کە پشــکنین بـــۆ ناوچەکـــانی وزە، بە مەبەســتی دۆزیـنەوەی هەر جـۆرێکی

کــاریگەرییە نوێیەکــان دەکەن- بەهەردووی چـــاوەڕێکراو و چـاوەڕێنەکراوەوە. هەســتەوەرەکەی ATLAS پێـنج نهـۆمییە(٢٠ مەتر) و توانای پێوانی ڕێچکە بەوردی ٠.٠١ میلی مەتـر ە. ATLAS و CMS بونیــادە شــکۆدارەکانن بــۆ هەســـتەوەرە نوێیەکـانی تەنـۆلکە، ســەرەتا دۆزەرەوەی نـاوەوەیی بەنـاوێکی لـۆجیکییەوە دێتە ئاراوە، کە شـوێنی تەنـۆلکە بارگاوییەکـان بە وردبینـی یەک لەســەر ســەدی میلی مەتـر تۆمـار دەکـات و ئەو هەلە بــۆ کۆمپیوتەرەکــان دەرەخســێنێت ڕێچکەکانیـان لەکـاتی سوڕانەوە بەناو بوارموگناتیسە بەهێزەکاندا دیاری بکەن. توێی دواتــر گەرمۆکەپێـوێکی (calorimeter) دوو بەشــییە کە بـۆ وەرگرتنــی وزەی هەمــوو جۆرەکـانی تەنـۆلکە دیـزایین کـراوە. بەشی ناوەوەیی بریتییە لە گەرمۆکەپێوی کارۆموگناتیسیی، کە وزەی ئەلیکترۆن و فۆتۆنەکان دەگرێت و تۆماری دەکات.

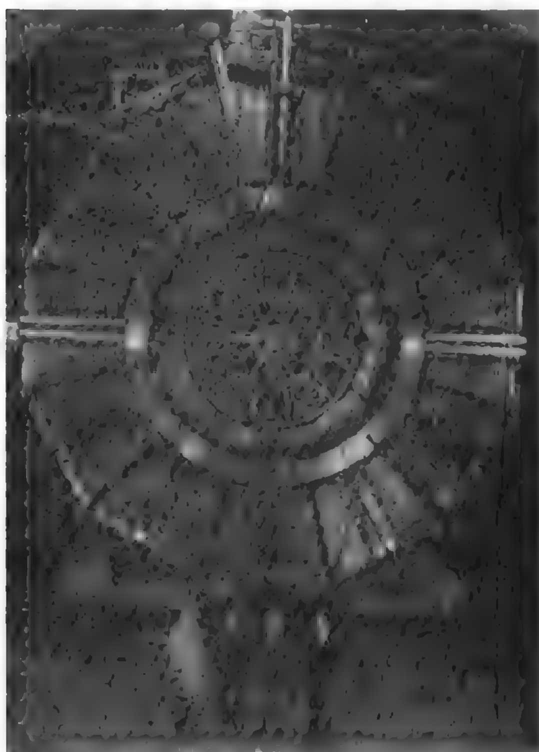
گلاســـــی قورقوشـــــومی بە کــــوالیتی بەرزەوە، وەکـــو کریستاڵەکانی کەوچک و چەتاڵی شوشەیی زۆربەی کات وەکو هەســتەوەرێک بەکاردێـت، چـونکە قورقوشـمی نـاو شوشــەکە دەبێت بەهـۆی ئەوەی ئەلیکترۆنەکـان و پۆزیترۆنەکان فۆتـۆن بــدەنەوە و لە ئەنجامــدا جووتەکــانی ئەلیکتــرۆن-پــۆزیترۆن دروســت دەبــن. کــاریگەریی پەتــی بــریتییە لە هەرەســێکی مینیـاتۆریی لە ئەلیکتـرۆن، پۆزیترۆن و فۆتـۆن کە تـاوەکو ئەو کـاتەی هەمــوو وزەی تەنــۆلکە ســەرەکییەکە لەنــاو دەچێـت درێژەی دەبێت. ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنەکان لە شوشەدا خێراتر لە ڕوونــاکی دەجــووڵێن و ڕوونــاکی چێرنکـۆڤ دەدەنەوە کە بەهۆی فۆتۆتیوبەکانی هەستیار بە ڕووناکی کۆدەبنەوە. بڕی ڕووناکی خڕەوە بوو بەڵگەیە لەسەر وزەی تەنۆلکەی سەرەکی

که دێته ناو سیستەمەکەوە. هەزاران تەن ئاسن پڕ کراوە لە لوولەکی پڕ لە گاز بۆ ئەوەی پرۆتۆن، پایۆن و هادرۆنەکان بگرێت- واتە ئەو تەنۆلکانەی لە کوارک دروستبوون. ئەمە کالۆریمەتر(گەرمۆکەپێو)ی هادرۆنە، چونکە وزەی هادرۆنەکان دەپێوێت، هەر وەکو چۆن گەرممۆکەپێوی لقەکانی تری زانست وزەی گەرمایی دەپێون. ئاسنی ناو گەرممۆکە پێوەکە بۆ دوو مەبەستە: لەهەمانکاتدا کە خێرایی هادرۆنەکان هێواش دەکاتەوە، بەشێک لەو موگناتیسەش دروست دەکات کە بۆ چەمانەوەی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان بەکار دەهێنرێت و پارمەتیدەرە لە دەرخستنی بارگە و ناسنامەکەیان.

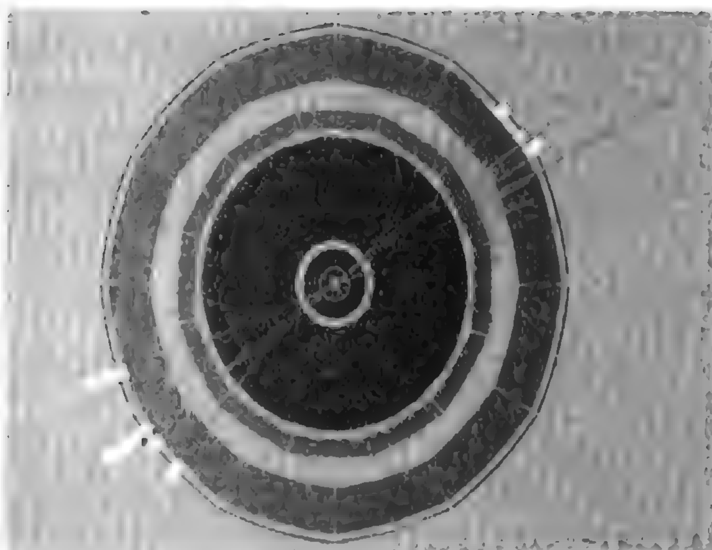
توێیەکی دەرەکی پێکهاتووە لە ژوورەکانی تایبەت بە موئون، کە موئونەکان دەردەخات و تەنها ئەو تەنۆلکەکانەی کە هەڵگری بارگەی کارەباییین دەتوانن ئەم سنوورە ببڕن. کۆمەڵەی پارچەکانی هەستەوەر سیستەمێکی هێرمسی (hermetic system) دروست دەکەن کە بۆ لە داوخستنی هەرچی زیاتری تەنۆلکەکانی بەرهەمهاتوو لە بەرکەوتنەکان دیزایین کراوە. لە پرەنسیپدا تەنها نویترینۆ زۆر خێراکان دەتوانن بەتەواوەتی ڕابکەن و هیچ ئاسەوارێک لەخۆیان بەجێ نەهێڵن. لەگەڵ ئەوەشدا نیوترینۆکان لە دوای خۆیان ناونیشانێک بەجێدەهێڵن، چونکە ئەوان بە وزە و تەوژمەوە دەرباز دەبن کە دەبێت لەهەموو کارلێکێکدا پارێزراو بن.

هەموو ئەم هەستەوەرە بۆ تۆمارکردنی پاشماوەکانی ئەو بەرکەوتنانە تۆمار کراون کە لە هەر چرکەیەکدا یەک ملیارد جار ڕوودەدەن. ئەمە زۆر دوورە لەسەردەمی ژووری هەور کە دەکرا یەک دانە لە خولەکێکدا تۆمار بکرێت، یان تەنانەت

ژووری بلق کە لە هەر چرکەیەکدا یەکێک تۆمار دەکرا. لەناو ئەنجامە تۆمارکراوەکانی ئەم بەرکەوتنانە، لە ورزەگەلێک کە هەر شتێک تێدەپەڕێنێت تەنانەت تاودەرێکی تەنۆلکەی ئێستایی، گەوهەرەکە لە دیاردەیەکی چاوەڕواننەکراودا دەردەکەوێت. لەناو ئومێدەکاندا، ئومێد بۆ دۆزینەوەی تەنۆلکەی هیگز هەیە(بەشی ١٠)، بەڵام چاوەڕێ دەکرێت کە بەتێکڕایی تەنها یەک دانە لەناو هەر ٢٠ ملیۆن ملیۆن بەرکەوتندا هەبێت.



وێنەی ١٩. هەستەوەرێکی *LEP* ، قەبارەکەی لەگەڵ قەباری چوار زانستکاردا بەراورد کراوە.



وێنەی ٢٠.ڕێچکەی تەنۆلکە و دژەتەنۆلکەکان بەو شێوەی لەسەر شاشەی کۆمپیوتەرێک دەردەکەوێت؛ بەراوردی بینینی کۆمپیوتەری لەگەڵ بینینی کۆتایی هەستەوەرەکە لە وێنەی ١٩ بکە.

ئەمە واتای ئەوەیە کە لە سەرو یەک ملیارد بەرکەوتن لە هەر چرکەدا، بۆزۆنێکی هیگز لە ڕۆژێکدا لەهەر تاقیکردنەوەیەکدا لە LHC دەردەکەوێت. دەگوترێت دۆزینەوەی دەرزیەک لە کایەندا ئاسانترە لە بینینەوەی تەنۆلکەیەکی هیگز لەناو سەدان هەزار ملیارد ڕووداوی تردا. تەنگەژەیەکی تر بریتییە لە هەژماردکردنەکان بۆ ناسینەوەی هیگز و تۆمارکردنی تاکە داتای هەڵبژێردراوە لەسەر شریتی موگناتیسی.

ئەمە پیشـــاندەدا کە چـــۆن تواناییەکانمـــان بـــۆ فێربـــوون سـەبارەت بە سـەرچاوە و سروشـتی مـادە بەنـدە لەسـەر پێشکەوتن لە دوو بەرەدا: دروستکردنی تاودەرە بەهێزترەکان و پەرەپێـــدانی ڕێـــگە نائاســـاییەکان بـــۆ تۆمـــارکردنی بەرکەوتنەکان.

بەشی حەوتەم
هێزەکانی سروشت

چـوار هێـزی بنەڕەتـی هەیە: کێشـکردن، هێـزی کارۆموگناتیسی و هێزەکانی بەتین و لاواز. لێرەدا ئێمە قسە لەسەر ئەو ئایدیایە دەکەین کە هێزەکان بەڕێگەی ئـاڵوگۆڕی تەنۆلکەکـانەوە کـاردەکەن: فۆتـۆن،Z،W و گلوئۆن و ئەوەی جیاوازیی سروشتی هێزەکانە جیهان هەڵدەسوڕێنێ- ئەگەر تەنۆلکەکان ئەلفوبێی سروشت بـن، هێزەکـان ڕێزمـان(گرامەر)ەکەیەتی؛ یەکـانگیریی هێزەکان.

چوار هێزە بنچینەییەکەی سروشت فەرمانڕەوای گەردوونن: کێشکردن (gravity)، هێزی کارۆموگناتیسی(Electromagnetic) و دوانی تر لە ناوچەی ناوکی ئەتۆم کە ناسراون بە بەتین (Strong) و لاواز(weak). دوو دانەی کۆتایی لە مەودای کەمتر لە ئەتۆم کاریگەرییان هەیە و بۆ هەستی ماکرۆسکۆپی ئێمە بە بەراورد لەگەڵ کاریگەرییەکانی کێشکردن و موگناتیس کەمتر ئاشنان. بەهەرحاڵ ئەوان بۆ بوونی ئێمە زۆر بنەڕەتین، خۆر بە درەوشاوەیی ڕادەگرن و گەرمای سەرەتایی بۆ ژیان دەستەبەر دەکەن.

کێشکردن بۆ ئێمە ئاشناترینە. لەنێوان ئەتۆمە تاکەکان یان تەنۆلکە پێکهێنەرەکەیان کاریگەریی کێشکردن وەکو هیچ وایە. توندی هێزی کێشکردن لەنێوان تاک تەنۆلکەکان یەکجار بچووکە، بەڕادەیەک بچووک کە دەکرێ لە تاقیکردنەوەکانی فیزیا بەسادەیی چاوپۆشی لێبکەین. بەهۆی ئەوەی هێزی کێشکردن هەموو شتێک بەرەو هەرشتێکی تر ڕادەکێشێت، کاریگەرییەکانیان تا کاتێک بەهێزن لەگەڵ یەکتری کۆ دەبێتەوە و لە مەودای گەردوونیدا کاردەکات. هێزە کارەباییەکان بەپێی پرەنسیپە گشتییەکە کاردەکەن واتە ئەو بارگانەی هاوشێوەن یەکتری دوور دەخەنەوە و ئەوانەی ناهاوشێوەن یەکتری ڕادەکێشن[!]. ئەمەیە هۆی ئەوەی ئەلیکترۆنە بارگە نێگەتیڤەکان لەسەر ڕێچکەکانیان لەناو ئەتۆم ڕادەگیردرێن؛ بەهۆی ڕاکێشانی کارەبایی بارگەی پۆزەتیڤەکانی ناوکی ناوەندییە. بارگە بەجووڵەکان دەبن بەهۆی دروستبوونی کاریگەریی موگناتیسی. جەمسەری باکور و باشوری موگناتیسێک بەهۆی کاریگەریی جووڵەی هاوئاهانگی ئەتۆمەکانە.

هێزە کارۆموگناتیسەکان بەشێوەی زاتی زۆر بەهێزترن لە هێزی کێشکردن؛ بەهەرحاڵ پێشبڕکێی نێوان ڕاکێشان و دوورخستنەوەکان لەمەودای دوور کاریگەرییەکانیان دەسڕێتەوە و لێدەگەڕێ هێزی کێشکردن بۆ کاریگەریی لەمەودای دووردا فەرمانڕەوا بێت. لەگەڵ ئەوەشدا کاریگەرییەکانی سوڕانەوەی بارگە کارەباییەکان لە کرۆکی زەویدا دەبێت بەهۆی ئەوەی بواری موگناتیسی دزە بکاتە دەرەوەی فەزاوە. بزوێنەری جەمسەرنمایەک بەهۆی بوونی وەها کاریگەرییەک ئاماژە بە باکورێک دەکات کە لەوانەیە هەزاران مایل لێوەی دوور بێت.

ئەوە هێزە کارۆموگناتیسییەکانە کە ئەتۆم و مۆلکیولەکان لەپاڵ یەکتری ڕادەگرێت و مادەی بە کۆمەڵ دروستدەکات. تۆ و من و هەموو شتێک بەهۆی هێزی کارۆموگناتیسەوە پێکەوە ڕاگیراون. کاتێک سێوێک لەدارەکەی بۆ بەرپێی ئیسحاق نیوتن کەوتەخوارەوە، ئەوەی ئاڕاستەی دەکرد هێزی کێشکردن بوو؛ بەڵام ئەوە هێزی کارۆموگناتیسییە- بەرپەرسە لە دروستبوونی عەرزی ڕەق - کە وەستاندی و نەیهێشت تاوەکو ناوەندی زەوی بەردەوام بێت لە ڕۆیشتن. سێوێک لەوانەیە بۆ چەند چرکەیەک لە بەرزییەکی گەورەوە بەرببێتەوە و بەهۆی هێزی کێشکردنەوە تاوبگرێت. بەڵام کاتێک دەکەوێت لە ڕووبەری زەوی دەوەستێت و لەساتێکدا ورد دەبێت: ئەوەی بەرپرسە لەو کارە هێزی کارۆموگناتیسییە.

لێرەدا ڕێژەی توندی دوو هێزەکە دێتە ئاراوە. لە ئەتۆمێکی هایدرۆجیندا ئەلیکترۆنێکی بارگە نێگەتیڤ و پرۆتۆنێکی بارگە پۆزەتیڤ هەیە. ئەوان دووبەدوو بەهۆی کێشکردنەکەیانە بەرەو یەکتر ڕادەکێشرێن؛ ئەوان هەروەها

هەست بە بەهێزی ڕاکێشری بارگە دژبەیەکەکانیان دەکەن. کە ئەمەی دوایی 10^{40} جار بەهێزترە لە هێزە کێشکردنە دووبەدووەکەیان. بۆ دەسکەوتنی ئایدیایەک لە گەورەیی ئەمە، نیوەتیرەی گەردوونی بینراو بهێنە پێشچاوی خۆت: بەپێی کەرتێکی خێرایی ڕووناکی بەنزیکەیی 10^{16} مەتر لەساڵدا لەکاتی تەقینەوە گەورەکەوە لە 10^{10} ساڵ لەوەو پێشەوە دەکشێت، تا ئێستا هەموو گەردوون 10^{25} مەتر کشاوە. تیرەی تاک پرۆتۆنێکی تەنها 10^{-15} مەترە. بۆیە 10^{40} تەنانەت گەورەترە لە ڕێژەی قەبارەی هەموو گەردوون بە بەراورد بە قەبارەی تاک پرۆتۆنێک. ڕوونە دەکرێ بەبێ خەم بۆ تەنۆلکەکان لەو وزەی ئێستا هەیە، بۆ تاک تەنۆلکەکان چاوپۆشی بکەین لە کێشکردن.

ڕاکێشانی دژەکان دەبێت بەهۆ بۆ ئەوەی ئەلیکترۆنەکان لەسەر ڕێچکە ئەتۆمییەکان لەدەوری ناوکە بارگە پۆزەتیڤەکان بەردەوام بن، بەڵام دوورخستنەوەی بارگە چوونیەکەکان لەناو خودی ناوکەکان پارادۆکسێک دەهێنێتە ئاراوە. ناوک بوخچەیەکە پێکهاتووە لە پرۆتۆنە بارگە پۆزەتیڤەکان. چۆن ئەم پرۆتۆنانە ئەم هێزە بەهێزە دوورخەرەوە لێکیان بڵاوناکاتەوە؟

ڕاستییەکەی ئەوەیە ئەوان بۆ ئەوەی پێکەوە بن هێزێکی بەتینی ڕاکێشەر وەکو چەسپ پێکەوە ڕایان دەگرێت، کە پرۆتۆن و نیوترۆنەکان هەستی پێدەکەن، کە بەڕادەی پێویست بەهێز هەیە بۆ ئەوەی لەگەڵ بوونی ئەم هێزە دوورخەرەوەش لەپاڵ یەکتری بمێننەوە. ئەم هێزە یەکێکە لەو دوو هێزەی کە لە دەوروبەری ناوکی ئەتۆمدا کار دەکەن و ناسراون بە بەتین(Strong) و لاواز(Weak)، و ناوەکانیان دەگەڕێتەوە بۆ

توونـدییەکەیان بە بەراورد هێـزی کارۆموگناتیسـی لە ئاسـتی ناوکیـدا. ئەوان هێـزی کـورت مەودان و نزیـک لە هەسـتەکانی ئێمە نین و بەلامانەوە نامۆن، بەڵام بۆ بوونی ئێمە بنەڕەتین.

هاوسـەنگیی نـاوکی تـوخمە ئەتۆمییەکـان دەکـرێ وەکـو باڵانسـی نێـوان دوو هێـزی پێشـبڕکێکەری دوورخەرەوەی کارەبایی و هێزی ڕاکێشەری بەتین باس بکرێت. تۆ ناتوانی ژمـارەیەکی زۆر پرۆتـۆن پـێکەوە ڕابگریـت، چـونکە هێـزی کارەبـایی تێکـدەر دەیکـات بە ناهاوسـەنگ. ئەمە دەکـرێ سەرچاوەی هەڵوەشانەوە ڕادیۆئاکتیڤە دیاریکراوەکان بێت، کە نـاوک دابەش دەبێت بـۆ دوو پـارچە. نیوترۆن و پرۆتۆنەکـان بەیەک ڕادە هەست بە هێزی بەتین دەکەن؛ تەنها پرۆتۆنەکان هەست بەهێزی دوورخەرەوەی کارەبایش دەکەن. ئەمەیە هۆی ئەوەی بۆچی ناوکی هەموو توخمەکان جیاواز لە هایدرۆجین نە تەنهـا هەڵگـری پرۆتـۆنن، بەڵام هەڵگـری نیوترۆنیشـن بـۆ ئەوەی بەگشتی هاوسـەنگییان بداتێ. بـۆ نمـوونە، یورانیومێک کە بە ٢٣٥ ناسـراوە، هـۆی ئەوەیە، چـونکە ٩٢ پرۆتـۆن (کە بەپێی پێناسە هەلگری ٩٢ ئەلیکترۆنیشە کە ئەتۆمەکە بێ بارگە دەکـات) و ١٤٣ نیوترۆنی تێدایە، کە کۆی هەردوکیـان دەکاتە ٢٣٥ پرۆتۆن و نیوترۆن پێکەوە.

لەم تێـڕوانینەوە تـۆ لەوانەیە سـەرت بسـوڕمێ بـۆچی ناوکەکان دەست بە پرۆتۆنەوە دەگرن و بڕێکی زۆر نیوترۆن وەرنـاگرن کە وادیـارە نـابن بەهـۆی ناهاوسـەنگی بەهـۆی بارگەوە. وەڵامەکەی بەندە لەسەر وردەکاریی کاریگەرییەکانی میکـانیکی کـوانتەمی، کە دەکەوێتە ئەودیـوی چوارچێوەی ئەم کتێبەوە، بەڵام بەشی زۆری بەهۆی تۆزێک بارستایی زیادەی نیـوترۆنە بە بەراورد بە پرۆتۆنێک. هەروەکو پێشـتر باسـمان

کرد، ئەمە ناهاوسەنگی زاتیی نیوترۆنەکانە، کە بەهۆی ئەوەوە نیوترۆنەکان دەکرێ هەڵبوەشن و بگۆڕێن بە پرۆتۆنەکان و ئەلیکترۆنێک دەربکەن- واتە ئەوەی پێی دەگوترێت تەنۆلکەی بێتای ڕادیۆئاکتیڤیتی بێتا.

ئەو هێزەی نیترۆن هەڵدەوەشێنێت هێزی لاوازە، پێی دەوترێت لاواز، چونکە بە بەراورد بە کارۆموگناتیسی و بەتین لە پلەی گەرمی ژووردا لاواز دەردەکەوێت. هێزی لاواز نیوترۆن و پرۆتۆنەکان تیادەبات و دەبێت بەهۆی ئەوەی، بەڕێگەی ڕادیۆئاکتیڤیتی بێتا، ناوکی توخمێکی ئەتۆمی بگۆڕێت بەجۆرێکی تر. ئەم هێزە ڕۆڵێکی گرنگ لە یارمەتیدانی گۆڕینی پرۆتۆنەکان بۆ هیلیۆم دەگێڕێت - تۆوەکانی هایدرۆجین خۆر بەگەرمی ڕادەگرن- (پرۆسەیەک کە بەهۆی ئەوەوە وزە بەرەڵا دەبێت و لە کۆتاییدا خۆر دەدرەوشێتەوە).

ڕاکێشانی کێشکردنی لەناو ژمارەیەکی زۆر پرۆتۆن لەناو خۆردا ئەوان بەرەو یەک ڕادەکێشێت تاوەکو بەنزیکەیی دەکەون لەیەکتر. هەندێکجار دووان بەڕادەیەک خێرا دەجووڵێن کە بەسە بۆ ئەوەی ساتێک زاڵ ببن بەسەر بارگەی کارەبایی یەکتر و بکەون لەیەکتری. هێزی لاواز پرۆتۆن دەگۆڕێت بە نیوترۆن، لەدواییدا هێزی نێوان ئەم پرۆتۆن و نیوترۆنانە پێکەوە خڕیان دەکاتەوە و ناوکی هیلیۆم دروست دەکەن. وزە بەهۆی هێزی کارۆموگناتیسی بەرەڵا دەبێت و دەدرێتەوە. بوونی ئەم چوارهێزە و سیفەتە جیاوازییەکانیان و توونددییەکانیانە کە سوتانی خۆر لە نرخێکی دروستدا ڕادەگرێت، بۆ ئەوەی ئێمە هەبین.

لە مادەی ئاساییدا، هێزی بەتین تەنها لەناو ناوکدا کاردەکات و بەشێوەی بنەڕەتی بەهۆی بوونی کوارکەکانە،

واته تەنۆلکەی بنچینەیی کۆتایی کە پێکهێنەری نیوترۆن و پرۆتۆنەکانن. وەکو چۆن هێزەکانی کارەباو موگناتیس بەهۆی بوونی بارگەی کارەبابییەوە کاریگەرییەکەیان بەرز دەبێتەوە، لە کۆتاییدا هێزی بەتینیش بەهۆی جۆرێکی نوێی بارگەیەوە، کە کوارکەکان هەڵگرین و لیپتۆنەکانی وەکو ئەلیکترۆن نیانە، واتە ئەلیکترۆن بۆ هێزی بەتین کوێرە؛ بەپێچەوانەوە تەنۆلکەکانی وەکو پرۆتۆن و نیوترۆن کە لە کوارک پێکهاتوون هەست بە هێزی بەتین دەکەن.

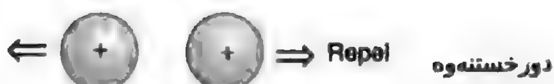
ئەو یاسایانەی فەرمانرەوان لەسەر ئەمە، بەشێوەی بنەڕەتی هاوشێوەی ئەوانەی هێزی کارۆموگناتیسین. کوارکەکان هەڵگری بارگەیەکی نوێن، کە دەکرێ بەفۆرمی پۆزەتیف پێناسەیان بکەین، کەوابوو دژەکوارکەکان هەڵگری بارگە نێگەتیڤەکەن. ڕاکێشانی نێوان دژەکان کوارک و دژەکوارک لەپاڵ یەکتری ڕادەگرێت: لێرەدا دۆخە داخراوەکانی $q\bar{q}$ پێیان دەگوترێت مێزۆن، بەڵام ئەی باریۆنەکان کە پێکهاتوون لە ٣ کوارک چۆن پێکهاتوون؟

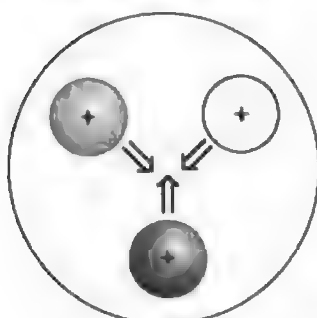
دەرکەوتووە ٣ جۆری جیاوازی بارگەی بەتین هەن کە بە سوور(R)، شین(B) و سەوز(G) لە یەکتری جیادەکرێنەوە. ئەوانە بە بارگەی ڕەنگی ناسراون، بەڵام ئەمانە ئەو ڕەنگانە نین کە ئێمە هەستی پێدەکەن- تەنها ناوە. ڕەنگە جیاوازەکان یەکتری ڕادەکێشن و هاوشێوەکان یەکتری دوردەخەنەوە. بەهەرحاڵ سوورێک و سەوزێک یەکتری ڕادەکێشن، هەروەها سێ ڕەنگی جیاوازی RGBیش بەهەمانشێوە. بەهێنانی کوارکی چوارەم بۆ نزیک وەها پێکهاتەیەکی سیانی لەلایەنی دوانیانەوە ڕادەکێشرێت و یەکێکیان دووری دەخاتەوە کە هەمان ڕەنگی هەیە. دوورخستنەوە دەگۆڕێت بەجۆرێک

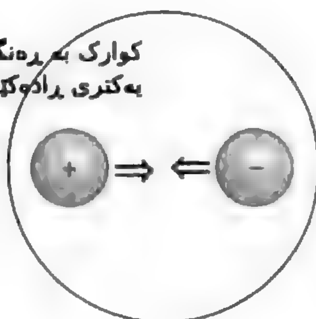
هاوسەنگی بە ڕاکێشانی پەتییەوە وەکو ئەوەی کوارکی چوارەم لە بەرزەخدا بێت؛ ئەگەر دوو کوارکی تر بدۆزێتەوە کە هەردوو ڕەنگیان جیاواز بێت، ئەم سیانە دەکرێ بەتەواوەتی پێکەوە بنوسێن. بەم شێوە لەکاتی دروستبوونی پرۆتۆن و نیوترۆنەکاندا ئێمە ڕاکێشانی سیانی دەبینین، کە بەهۆی سروشتی سیانی بارگە ڕەنگییەکانەوەیە. بەهۆی ئەوەی بوونی بارگە کارەباییەکانی ناو ئەتۆم دەبێت بەهۆی دروستبوونی مۆلکیولەکان، هەر بەو شێوەش بارگە ڕەنگییەکان دەبن بەهۆی دروستبوونی هێشووگەلێک کە پێیان دەڵێین ناوک.

هاوشێوەیی زەق لە ڕێساکانی ڕاکێشان و دوورخستنەوە ڕەفتاری هاوشێوە دەدا بە هێزەکانی بەتین و کارۆموگناتیسی لەو مەودایانەی کە زۆر بچووکترە لە قەبارەی تاک پرۆتۆن و نیوترۆنەکان؛ بەهەرحاڵ دەوڵەمەندیی سیانی بارگە ڕەنگییە پۆزەتیڤ و نێگەتیڤەکان بە بەراورد بە تاک بارگەی کارەبایی، دەبێت بەهۆی جیاوازی ڕەفتاریان لە مەودا گەورەترەکاندا. هێزەکان کە ڕەنگ دروستی دەکەن لەمەودای 10^{-15} دا تێر دەبن و زۆر بەهێزن، کە هەمان مەودای قەبارەی پرۆتۆن و نیوترۆنە، بەڵام تەنها کاتێک دوو تەنۆلکەکە لەم مەودادان - کە دەکەون لەیەکتر- هەربۆیە هێزەکانی دروستبوو لەلایەن ڕەنگەکانەوە تەنها لە قەبارەی ناوکیدا کردار دەکەن. بەپێچەوانەوە، هێزی کارۆموگناتیسی لەقەباری ئەتۆمی، واتە 10^{-10} مەتری کاتێک ئەتۆمەکان هاوسەنگن کاردەکات و دەکرێ لەمەودای ماکرۆسکۆپیشدا هەستی پێبکرێت، وەکو ئەو بوارە موگناتیسییەیی بەدەوری زەوییەوەیە.

ئەمە بەشێوەی سروشتی دەمانگەیەنێت بەپرسی چۆنیەتی بڵاوبوونەوەی کاریگەریی هێزەکان بە پانتایی فەزا.







وێنەی٢٢. ڕێساکانی ڕاکێشان و دورخستنەوە بۆ بارگە ڕەنگییەکان. ڕەنگە هاوشێوەکان یەکتری دوردەخەنەوە؛ ڕەنگە ناهاوشێوەکان یەکتری ڕادەکێشن. سێ کوارک کە هەرکامیان هەڵگری ڕەنگێکی جیاوازن یەکتری ڕادەکێشن و باریۆن دروست دەکەن. کوارکێک و دژەکوارکێک هەڵگری ڕەنگی دژن و دەکرێ بۆ دروستکردنی میزۆن یەکتری ڕابکێشن.

هەڵگرەکانی هێز

هێزەکانی وەکو هێزی کارۆموگناتیسی چۆن کاردەکەن و کاریگەرییەکەیان بە فەزادا بڵاودەکەنەوە؟ چۆن پرۆتۆنێک دەتوانێ ئەلیکترۆنێک کە 10^{-10} مەتر دوورترە بخاتە تەڵەی خۆیەوە و ئەتۆمێکی هایدرۆجین دروستبکات؟ تیۆریی کوانتەمی پێمان دەڵێت بە کرداری ئەرکدارە نێوانگرەکان- ئاڵوگۆڕی تەنۆلکەکان؛ سەبارەت بە هێزی کارۆموگناتیسی، ئەوان فۆتۆنن، واتە بوخچەگەلێکی کوانتەمی تیشکدانەوەی کارۆموگناتیسیی، وەکو ڕووناکی.

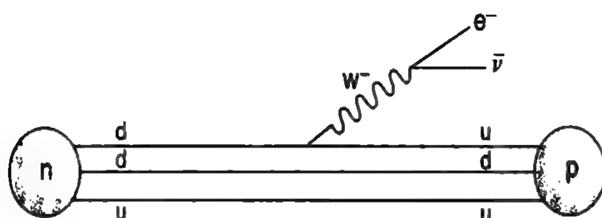
بارگە کارەباییەکان دەکرێ تیشکەکانی کارۆموگناتیسی و ئەرکدارەکانی ئەم بوارە هەڵبمژن یان بدەنەوە؛ بە شێوەی بەراورد بارگە ڕەنگییەکانیش دەکرێ تیشکبدەنەوە یان هەڵیمژن، ئەرکدار (agent)ە کەیان ناوی گلۆئۆن(gluon)ە. ئەم گلۆئانەن کە کوارکەکان پێکەوە دەلکێنن بۆ ئەوەی پرۆتۆن، نیوترۆن و ناوکە ئەتۆمییەکان دروستبکەن. بەهاوشێوەیی هێزی لاواز هەڵگرەکانی ناسراون بە بۆزۆنەکانی Wیان Z. بۆزۆنەکانی W بەدوو شێوە جیاوازن لە فۆتۆنەکان: هەم بارگەیان هەیە و هەم بارستاییەکی گەورە. بارگە کارەباییەکەی دەبێت بەهۆی ئەوەی بڵاوبوونەکەی دزە بکاتە دەرەوەی سەرچاوەکەی- هەربۆیە نیوترۆنێکی بێبارگە کاتێک W^-ێک دەردەدا بۆ پرۆتۆن دەگۆڕێت؛ ئەمەیە سەرچاوەی هەڵوەشانەوەی بێتا W^-ێک بۆ ئەلیکترۆنێک و نیوترینۆیێک دەگۆڕێت. بارستایی W ٨٠ جار گەورەتر لە پرۆتۆن یان نیوترۆنێک. ئەگەر تۆ لە ئۆتۆمبێلێکدا بیت کە کێشەکەی یەک تەن بێت و لەپڕ ٨٠ تەن دەربدات، لەڕێیەوە تێدەگەی کە شتێک هەڵەیە! بەڵام لە جیهانی کوانتەمیدا ئەم

شتانە ڕوودەدا. بەهەرحاڵ، پێشێلبوونی هاوسەنگی وزەیە زوو تێدەپەڕێت و بەپێی کات سنووردارە کە کەرەتکردنی لادانەکانی، دێلتای $E(\Delta E)$ کەرەتی دێلتای (Δt) t ناکرێ گەورەتر بێت، کوانتەمی پلانکی h، یان بەشێوەی ژمارەیی $\Delta E \times \Delta t < 6 \times 10^{-25} GeV - Sec.$ ئەم سنووردارببوونە یەکێکە لە فۆرمەکانی پرینسیپی نادڵنیایی هایزەنبێرگ(Heisenberg Uncertainty Principle).

ئەمە واتای ئەوەیە کە بۆ چرکەیەک دەکرێ $10^{-25} GeV$ وزە دەربهێنێت یان قەرز بکەیت. قەرز کردنی ٨٠ GeV (کەمترین وزە کە تاک Wێک دروستدەکات) دەکرێ لە 10^{-25} چرکەدا ڕووبدات، ماوەیەک کە تەنانەت ڕووناکی ناتوانێت یەک لەسەر دەی پانتایی پرۆتۆنێک بپێوێت. هەربۆیە مەودایەک کە W دەکرێ هێزەکەی بۆ بگوازێتەوە تاڕادەیەکی زۆر کەمترە لە قەبارەی پرۆتۆنێک. هەربۆیە سروشتی کورت مەودای هێزی لاواز بەهۆی بارستایی لە ڕادەبەدەر گەورەی ئەو تەنۆلکەیە هەڵی گرتووە. ئێستا، مەبەست ئەوە نییە هێزەکە تا شوێنێکی دیاریکراو هەیە و دوایی لە پڕ نامێنێت؛ لەجیاتی، بەرەبەرە تیا دەچێت و توانابیەکەی بەڕادەی زۆر، لە مەوداگەلێک کە بەقەبارەی پرۆتۆنێکە دادەکەوێت. لەو مەوداگەلەدا کە هەڵوەشانەوەی بێتا دەردەکەوێت، هەر بەو هۆکارەیە کە پێی دەگوترێت هێزی لاواز.

لەساڵی ١٨٦٤ جیمز کلارک ماکسوێل(James Clerk Maxwell) بەسەرکەوتوویی دیاردە جیاوازەکانی کارەبا و موگناتیسیی لەناو شتێکدا کە لە ئیمڕۆدا پێی دەڵێین کارۆموگناتیسی یەکانگیر کرد. یەک سەدە دواتر، گلاشۆ(Glashow)، سەلام(Salam)، واینبێرگ(

(Weinberg هێــزی کارۆموگناتیســـی و هێــزی لاوازیــان لە شتێکدا کە پێیدەگوترێت تیۆریی کارۆلاواز (Electroweak) یەکـانگیر کـرد. ئەمە لاوازی دەرکەوتەی بەشـی لاوازی هێـزە یەکانگیرەکەی گەڕاندەوە بۆ گەورەیی بارستایی W، لەکاتێکدا فۆتـۆنی هێزی کارۆموگناتیسیی بێ بارسـتاییە. تیۆرییەکەیـان تەنها کاتێک بەدروسـتی کـاری دەکـرد کە سـەرەڕای تەنـۆلکە بارگاوییەکـانی W^+ و W^- تەنـۆلکەیەکی تـریش هەبێـت، بە نـاوی Z^0 کە بارســتاییەکەی نـزیکە لە GeV۹۰. یەکێـک لە دەلالەتەکـانی کارەکەیـان بریتـی بـوو لەوەی ئەگەر کەسـێک بتوانێت وزەی پێویست ئامادە بکات، بۆ نموونە GeV۱۰۰ یان زیـاتر، کە بەڕێـگەی ئەو تەنۆلکەکـانی W و Z ڕاسـتەوخۆ لە تـاقیگەدا بەرهەم بێـت، دەتـوانی ببینـی کە ئەم هێـزە هەڵگـری تونـدییەکی هاوشـێوەی کارۆموگناتیسـییە و بەگشـتی زۆریـش لاواز نیـــیە. ئەم تــــاقیکردنەوانە کــــران و دیاردەکەیـــــان پشتڕاستکردەوە.



وێنەی ٢٣. هەڵوەشانەی بیتا بەڕێگەی W: نیوترۆنێک بەدەردانی تەنـۆلکەیەکی W دەگۆڕێـت بـۆ پرۆتـۆن و خۆشـی دەگۆڕێـت بە ئەلیکترۆن و نیوترۆن.

نموونە	هەڵگر	توندی	هێزەکان
ناوکە ئەتۆمییەکان	گلوئۆنەکان	1	بەتین
ئەتۆمەکان	فۆتۆن	$\sim 10^{-2}$	کارۆموگناتیسی
نیوترینۆکان	Z^0، W^-،W^+	$\sim 10^{-5}$	لاواز
هەسارە و گەلەستێرەکان	گراڤیتۆن	$\sim 10^{-42}$	کێشکردن

وێنەی ٢٤. توندی ڕێژەیی هێزە جۆراجۆرەکان کاتێک لەنێوان تەنۆلکە بنچینەیەکاندا لە وزەی نزمدا بۆ نموونە پلەی گەرمی ژووردا کاردەکەن. لە وزەی سەرو GeV١٠٠ دا توونددییەکانی هێزەکانی لاواز و کارۆموگناتیسی دەبن بەهاوشێوە. هەڵگرەکانی هێز پیشاندراون: گلوئۆنەکان، فۆتۆن، گراڤیتۆن بێ بارستایین؛ W^+، Z^0 W^- بارستاییدارن، نموونەی ئەو بوونانەی کە پەیوەندییان بەهێزە جۆراجۆرەکانەوە هەیە، پیشاندراوە.

تەنۆلکەکانی W و Z لە ساڵی ١٩٨٣-٤ لە سێرن دۆزرانەوە، لەوێ بەشێوەی کاتی لەناو پاشماوەکانی بەرکەوتنی ڕووبەڕووی پرۆتۆن و دژەپرۆتۆنەکان دروست دەبن. لەم بەرکەوتنانەدا ژمارەیەکی زۆر پایۆن بەرهەم دێن و بەدەگمەنیش W یان Z بەرهەم دێن. ئەمە گەیشت بە تاودەرێکی تایبەتی LEP کە لە وزەی GeV٩٠ دا ڕێکدەخرێت و لەوێدا گورزە بەخولەکانی ئەلیکترۆن و پۆزیترین دەکەون لە یەکتر و هەڵدەوەشێنەوە. ئەم وزە هاوتای وزەی Zە لە دۆخی وەستاودا، هەربۆیە LEP دەکرا تەنۆلکەی Z بەجوانی بەرهەم بهێنێت. لەماوەی یەک دەیە تاقیکردنەوەدا، بەنزیکەیی سەرو ١٠ ملیۆن نموونەی Z دروستبوون و لێکۆڵینەوەیان لەسەرکرا. ئەم تاقیکردنەوانە سەلماندیان کە تێکەڵکردنی

هێزەکانی کارۆموگناتیسی و لاواز بە مەبەستی دروستکردنی تاک هێزی کارۆلاواز ئایدیایەکی دروستە. ئەوە بارستایی زەبەلاحی Wو Zە هۆکاری ئەوەی کاتێک لە تاقیکردنەوە مێژووییەکاندا لە وزەی زۆر خوارتر لە GeV١٠٠ وەکو هەڵوەشانەوەی بێتا کە دەرگیر دەبن، بەلاواز دەردەکەون.

لە کۆتاییدا ئێمە هێزە بەتینەکەمان هەیە، کە سەرچاوەکەی بۆ بارگە ڕەنگییەکان دەگەڕێتەوە کە کوارک یان دژەکوارکەکان هەڵیان گرتووە. لەم نموونەدا هێزەکە بە هۆی گلوئۆنەکان دەگوازرێتەوە. بەهۆی ئەوەی کوارک دەکرێ هەڵگری هەر سێ ڕەنگی خاوەن ناونیشانی R،B یان G بێت، گلوئۆنی دەرچویش دەکرێ هەڵگری بارگەی ڕەنگی بێت. بۆ نموونە، ئەگەر گلوئۆن هەڵگری بارگەی پۆزەتیڤ R و نێگەتیڤ B بێت کوارکێک بە بارگەی R وە لە کۆتاییدا دەکرێ هەڵگری ڕەنگی B بێت . تیۆریی کوانتەمیی ڕێژەیی، کە کرۆمۆداینامیکی کوانتەمی QCD ناسراوە، بەگشتی ٨ ڕەنگی جیاواز بۆ گلوئۆنەکان دەستەبەر دەکات.

بەهۆی ئەوەی گلوئۆنەکان هەڵگری بارگەی ڕەنگین، لەکاتی تێپەڕین لە فەزاوە دەکرێ دووبەدوو یەکتری ڕابکێشێن یان دووربخەنەوە. ئەمە بە پێچەوانەی فۆتۆنەکانە کە هەڵگری هێزە کارۆمۆگناتیسییەکانن. فۆتۆنەکان خۆیان هەڵگری هیچ بارگەیەک نین، هەربۆیە دووبەدوو هێز ناخەنە سەریەکتر. فۆتۆن دەکرێ بە سەربەستی بەناو فەزادا تێپەڕێت، هەموو قەبارەکان پڕ بکات، توندی هێزە بەرئەنجامەکەی لەمەودا دوورەکاندا بەرەو مردن دەچێت- یاسای بەناوبانگی پێچەوانەی دووجای کارۆوەستاو. گلوئۆنەکان کە هەڵگری بارگەی ڕەنگین بەهەمان ڕێگەی کە فۆتۆنەکان دەیکەن، فەزا پڕناکەن. کارلێکە دوانییەکانی ئەوان دەبێت بەهۆی ئەوەی کە

هێزەکانیـان لەسـەر هێڵێکـی ڕاسـت و لەئاڕاسـتە تەوەری بەستنەوە دوو کوارکە ڕەنگییەکە چڕ ببنەوە.

هەربـۆیە لەکاتێکدا فۆتۆنەکـان فەزا پـڕدەکەن و بەشـێوەی سـەربەخۆ بەمـلاولادا دەجـوڵێن، هێشـووەکانی گلوئـۆن خـڕ دەبنەوە. یەکێک لە دەرئەنجامەکانی ئەم بەهێشـوو بـوونە، ئەو ئیمکـانەیە گلوئۆنەکـان دووبەدوو بەرەو یەکتـر ڕابکێشـرێن و دۆخـی ئـاویتەی تەمەن کـورت دروسـتبکەن کە ناسـراوە بە گلۆبـۆڵ(glueballs). ئەم نزیکبـوونەوە دوانیـیە لەنـاو گلوئۆندایە، لەکاتێکدا ئەوان هێزەکان دەگوازنەوە دەبێت بەهۆی ئەوەی ڕەفتـاری دوورمەودای هێـزە کـارۆ موگناتیسـی و ڕەنگییەکـان(بەتین) جیـاوازی زۆری هەبێـت. هێـزی کارۆموگناتیسـی بەپێـی پـێچەوانەی دووجـای مەودا بەرەو نەمان دەچێت؛ بەڵام هێزە ڕەنگییەکان وانین. وزەی پێویست بـۆ دەرکێشـانی دوو سـەرچاوەی ڕەنگـی، وەکـو کوارکەکـان، لەگەڵ مەودا گەشە دەکات. لەمەودای 10^{-15} مەتریدا ئەم وزە بەرەو بێکۆتـایی دەچێـت. هەربـۆیە تـاک کـوارک نـاکرێ لە خوشـکوبراکانی جیـابکرێتەوە؛ ئەوان بەشـێوەی هێشـووی سیانی، بەنـاوی بـاریۆن، یـان کـوارک و دژەکـوارک بەنـاوی میزون دەمێننەوە. هەربۆیە کاریگەرییەکانی بارگەی ڕەنگی، لە مەودای زۆر دوورەوە ناوی نرا بەتین.

هەروەکو چۆن لەتاقیکردنەوەکانی وزەی بەرز پشکنینی بۆ کـراوە، لە مەودای کورتـدا، کـارۆلاواز و هێـزە ڕەنگییەکـان یەکـانگیرییەکی مەزن نیشـان دەدەن. بەشـێوەی بـاو تـاوەکو کۆتـایی سـەدەی بیسـتەم، لە وزەکـانی نزمتـردایە کە ئەوان ڕەوشتیان جیاواز دەبێت: W و Z ە قورسـەکان دەبن بەهـۆی دروسـتبوونی لاوازی، بەپـێچەوانەوەوە کـارلێکی دووبەدووی

گلوئۆنەکان دەبێت بەهۆی ئەوەی هێزەڕەنگییەکان زۆر بەتین بن.

ئەوەی کە دەزانین بریتییە لەوەی، دەرەپشکنینی کاریگەرییەکانی هێزەڕەنگییەکان و وزەی زۆری لاواز و کارۆموگناتیسی، کە زۆر زیاترە لەوەی دەکرێ لە تاقیگەدا بیپێوین، وا دەردەخات هەرسێکیان چوونیەکن. ڕەفتاری تەنۆلکە ئەتۆمییەکان لە وزەی زۆر بەرزدا، هاوشێوەی ئەوەی دوای تەقینەوە مەزنەکە بەزۆری دەبینرێت، پیشاندەدا هێزە ڕەنگییەکانیش لاواز دەبن و لە توندیدا هاوشێوەی هێزی کارۆموگناتیسین. ئامائەیەکی نادڵنیاکەر بۆ یەکانگیریی هاتووتە ئاراوە. ئەمە بە یەکانگیری مەزن(grand unification of the forces) ناسراوە، کە پێشنیاز دەکات سادەیەکی بنەڕەتی و یەکانگیر لە سروشتدا هەیە و ئێمە تاوەکو ئێستا تەنها نموونەگەلێک لە پاشماوی ناهاوجێی ساردەوەبوومان بینیوە. ئەوەی کە بەڕاستی ئەمە دروستە یان نا بۆ هەڵسەنگاندنەکانی داهاتوو بەجێهێڵدراوە.

بەشی هەشتەم

مادە سەمەرەکان (و دژەمادە)

سروشت سیستەمێکی سێ حیزبی هەڵگرتووە- وەچەکان(generations). چاوخشاندنێک بە دژەمادە و نهێنییەکەی کە بۆچی ڕێژەکەی زۆر کەمە؛ هاوجێی لە نێوان وەچەکان کە هەرچەند بارستاییان جیاوازە، بەڵام بەشێوەی کاریگەر یەکدەگرنەوە؛ ئایدیاکان سەبارەت بەوەی وەچە پشتەسەریەکەکان لەوانەیە پەیوەندییان بە ونبوونی دژەمادەوە هەبێت؛ تاقیکردنەوەکان کە هەوڵدەدەن بەڵگەیەک بدۆزنەوە؛ و مادەی سەمەرە.

سەمەرەکی

ئێمە باسی ئەو تەنۆلکانەمان کرد کە لەکۆتاییدا هەموو مادەی سەر ڕووبەری زەوی لەوان پێکهاتوون. بەهەرحاڵ، لەپلانی سروشتدا زیاتر لەمە هەیە. تیشکە گەردوونییەکانی فەزای دەرەوە بە بەردەوامی لە ئێمە دەکەون، کە پێکهاتوون لەناوکی ئەو توخمانەی لە ئەستێرەکاندا و ڕووداوە توندەکانی تر لە هەر شوێنێکی تری گەردووندا بەرهەم دێن؛ ئەوان دەهاوێژرێنە ناو فەزاوە و هەندێکیان دەکەونە داوی بوارەکانی موگناتیسی زەوییەوە و دەکێشرێن بە سەرەوەی بەرگەهەوای زەویدا و لێشاوێک لە تەنۆلکەی دووەمی بەرهەم دەهێنن. لەسالانی ۱۹٤۰ و ۱۹٥۰ دا، گورزەکانی تیشکی گەردوونی سەرچاوەی سەرەکی بوون بۆ دۆزینەوەی فۆرمەکانی مادە کە تاوەکو ئەوکات لەسەر زەوی نەناسراو بوون. هەندێک لەوان سیفەتی نائاساییان هەبوو و ناسێنران بە تەنۆلکەی سەمەرە(Strange). لە ئەمڕۆدا ئێمە دەزانین چ شتێک ئەوان لە پرۆتۆنەکان و نوترۆنەکان و پایۆنە ناسراوەکان جیا دەکاتەوە: ئەوانە هەڵگری جۆرێکی نوێی کوارکن کە ناسراوە بە کوارکی سەمەرە(Strange quark).

باریۆن و میزۆنی سەیریش هەن. باریۆنێکی سەیر پێکدێت لە سێ کوارک کە لانیکەم یەکێک لەوان سەمەرەیە؛ ژمارەی زۆرتری کوارکە سەمەرەکان لەناو باریۆندا بڕێکی گەورەتری لە سەمەرەیی دەداتێ. میزۆنێک پێکدێت لە کوارک و دژەکوارکێک، بەم بەراوردە میزۆنی سەمەرە تەنها یەک دانەیە و لە کوارک و دژەکوارکێکی سەمەرە پێکدێت. دۆزینەوەی تەنۆلکە سەمەرەکان چەند ساڵ دوای ئەوە بوو کە دۆزرایەوە باریۆن و میزۆنەکان لە کوارک دروستبوون.

سـیفەتە جۆراجۆرەکـانی تەنـۆلکە سـەمەرەکان، تیۆرییسـازەکانی بـرد بەرەو ئەوەی چەمکـی سەمەرەکی(strangeness) دابهێنن، کە زۆرجار وەکو بارگە کاردەکات: سـەمەرەکی کاتێک هێزی بەتین کاردەکاتە سـەر تەنۆلکەکـان، پـارێزراوە. بەم شـێوە کەسـێک دەتـوانێ بەهەژماردکردنی ئەوەی چ ڕادەیەک سـەمەرەکی بەشداره لەو تەنۆلکانەی هەڵیانگرتووە شرۆڤەی بکات کام پرۆسەی بەدڵە و کامی بەدڵ نییە. مێزۆنە جۆراجۆرە دیاریکراوەکان هەڵگری بڕی سـەمەرەکی +١ یا -١ن. باریۆنە سـەیرەکان بەپێی ئەم دیـزاییینە هەڵگـری بـڕی -١، -٢، -٣ە. لە ئەمـڕۆدا دەزانـین چ شتێک ئەم پرسە دیاریی دەکات. بڕی سەیرەکی نێگەتیڤ کە تەنۆلکەیەک هەڵگریەتی گرێدراوە بە ژمارەی ئەو کوارکانەی هەڵیـانگرتووە. وادیـارە سروشـتی تـر بێـت کە پێناسـەی سـەیرەکی بەجۆرێک بێت کە هەر کوارکێکی سـەیر هەڵگری یەک یەکەی پۆزەتیڤی سـەیرەکی بێت و ئەگەر پێش ئایدیای سەیرەکی کوارکەکانمان دەناسی، بە ئەگەری زۆر وەها دەبوو. بەڵام ئێمە لەگەڵ ڕێکەوتێکی مێژوویی بەرەڕوویین، کە بەپێی ئەو ژمـارەی کوارکە سـەمەرەکان بۆ سـەمەرەکی نێگەتیڤ و ژمـارەی دژەکـوارکە نێگەتیڤەکـان بـۆ سـەیرەکی پۆزەتیـڤ بەکاردەهێنرێت (ڕووداوێکی هاوشێوەی مێژوویی بۆ بـارگەی نێگەتیڤی ئەلیکترۆنیش هەبوو).

کوارکێکی سەمەرە بەشێوەی کارەبایش بارگاوییە و وەکو کـوارکی خـوار هەڵگـری بـڕی $-1/3$ ە، کە هەڵـبەت زۆر قورسـترە لە کـوارکی خـوار و بـڕی mc^2 ەکەی یەکسـانە بە $150MeV$ ~. لەهەمـوو لایەنەکـانیتردا وادیـارە کـوارکی سـەمەرە و خـوار چوونیەکن. بەهـۆی ئەم بارسـتاییە زیـادەی کوارکە سەمەرەکان لەچاو کوارکی سەر یان خوار، ئەگەر هەر

جارەو یەکێک لەمانە، بۆ نموونە لە نیوترۆن یان پرۆتۆن، بە کوارکی سەمەرە بگۆڕدرێت، لە ئەنجامدا ١٥٠MeV بەپێی هەر ژمارەیەکی سەمەرەکی (نێگەتیڤ) قورستر دەبێت.

ئەو باریۆنانەی هاوشێوەی پرۆتۆن و نیوترۆنن و هەڵگری سپینی ١/٢ ن لە وێنەی ٢٥a دا، لەگەڵ ناوەڕۆکە کوارکییەکەیاندا، بارگەی کارەبایی، سەیرەکی و بڕی بارستایی(یان mc^2ەکەیان بە MeV) ڕیز کراون. ڕێساکە زۆر ورد نییە، بەڵام لانیکەم بەشێوەی وەسفی ڕاستە (بارستایی ڕاستەکی، تەنانەت بۆ پرۆتۆن و نیوترۆنەکانیش، بەندە لەسەر هێزە کارەباییە جیاوازەکان لەناو پێکهێنەرەکاندا و ئەو ڕاستییەیی لەکاتێکدا قەبارەیان 10^{-15} مەترە، بەهۆی سروشتی ئاڵۆزی ئەو هێزەی کاردەکاتە سەریان بۆ هەموویان یەکسان نییە). ڕێساکە زۆر وردتر لە کۆمەڵەیەک لە باریۆنە سەمەرەکان بە سپینی ٣/٢ وەوە کە لفن لەگەڵ زرینگەی Δ(Δ resonance) لەوێنەی ٢٥ خشتەی b پیشاندراوە.

a

baryon	quarks	charge	strangeness	mc^2(MeV)
proton	uud	+1	0	938
neutron	ddu	0	0	940
Lambda Λ	uds	0	−1	1115
Sigma Σ^+	uus	+1	−1	1189
Σ^0	uds	0	−1	1192
Σ^-	dds	−1	−1	1197
Xi Ξ^0	uss	0	−2	1315
Ξ^-	dss	−1	−2	1321

b

baryon resonance	quarks	strangeness	mc^2(MeV)
Δ^-	ddd	0	1232
Σ^{*+}	dds	−1	1380
Ξ^{*-}	dss	−2	1530
Ω^-	sss	−3	1670

وێـــنەی ٢٥. باریۆنەکـــان بە ســـپینی ٢/١ یەوە(خشـــتەی *a*) و باریۆنەکان بە سپینی ٢/٣ یەوە (خشتەی *b*- زرینگە باریۆن).

مێـزۆنیش بە ســـەیرەکی +١ وە هەن وەک $K^+(u\underline{s})$ یـــان $K^0(d\underline{s})$ هەروەهـــا $K^-(s\underline{d})$ یـــان $\underline{K}^0(d\underline{s})$ بە بارســـتایی $mc^2 \sim 500MeV$وە. هەروەهـــا مێـــزۆنگەلێکیش هەن کە هەڵگـــری هەردووی کـــوارک و دژە کـــوارکن کە هەڵگـــری سەمەرەکی نین، ئەم پێکهاتەی $s\underline{s}$ ە دەمانگەیەنێت بە سێهەم مێزۆنـــی نیوترا(بێبـــارگە) کە ناســـراوە بە ئێتـــا پـــرایم، η'، ئەمە ســـەرەڕای دوانەکەیتـــر واتە π^0 و ηە کە لەبەشـــی چـــواردا باسمان کردن.

ئەم میزۆنـانە کە پێکهـاتوون لە کوارکێک و دژە کوارکێک سـپینە گشـتییەکەیان سـفرە. هەروەهـا کۆمەڵەیەکیش هەن کە سپینی کوارک و دژە کوارکەکەیان پێکەوە کۆدەبنەوەو دەبێت بە ١. ئەنـدامە سـەمەرەکانی ئەم نمـوونە بەڕێـز بـریتین لە $K^{*+}(u\underline{s})$،$K^{*-}(s\underline{u})$, $K^{*0}(d\underline{s})$ و $\underline{K}^{*0}(s\underline{d})$؛ کە وەکو بەراورد کردن بە π،η و η' ناسـراون بە ρ،ω و φ (ڕۆ، ئۆمیگا و فی).

وێنەی٢٦. سپینی میزۆنەکان لە کوارکەکانەوە دێت. سـپینەکانی کوارکەکانی u وd پێکەوە کۆدەبنەوە و بارگەیەکی پۆزەتیڤ بەرهەم دەهێنن(ρ) یان یەکتری دەسڕنەوە و تەنۆلکەیەکی بارگە پۆزەتیڤ دروست دەکەن(π). بەهاوشێوەیی بۆ هەر ئاوێتەیەکی u و d یانs لێکدانی لەوشێوە ڕوودەدا. ئەم وێنە دەکرێ پەلبهاوێت بۆ کوارکە بەتامەکـانی ئەفسـون(*charm*)، بـن(*bottom*) و ترۆپـک(*top*). لەنـاو ژمـارەیەکی زۆر لەم لێکـدانانە ئـێمە پسـییمان(ψ/ *psi*) باسکردووە، کە سپینەکانیان کۆدەبێتەوە و سپینی ١ دروست دەکەن و لـەفەکەی بەنـاوی ئەفسـونی ئێتـا(*eta-charm*η_c) لێـرەدا سپینەکەی سفرە.

ئەفسون

نە تەنها کوارکی خوار(d) ئامۆزایەکی قورستر لە خۆی هەیە، بەڵکو کوارکی سەمەرە (s) و کوارکی سەر (u) یش فێرژەنی قورستریان هەیە: کە ناسراوە بە ئەفسون(charm). کوارکی ئەفسون بڕی ئەو بارگە کارەباییەی هەڵیگرتووە هەر وەکو کوارکی سەر 2/3+ە. ئەمە زۆر قورسترە لە کوارکی سەر و بڕی mc^2ەکەی بە نزیکەیی یەکسانە بە ١٥٠٠MeV. لە هەموو بارەکانیتردا کوارکەکانی سەر و ئەفسون لەیەکتر دەچن.

سەبارەت بە کوارکەکانی سەمەرە، ئێمە باریۆن و مێزۆنگەلێکی سەمەرەمان دروستکرد کە چەندسەد MeVێک قورسترن لە هاوبەشەکانیان بە تامی سەرو خوارەوە. چیرۆکێکی هاوشێوەش بۆ کوارکەکانی ئەفسون ڕوودەدەن، بەڵام بەهۆی ئەوەی بارستاییەکەیان گەورەترە، بە بەراورد باریۆن و مێزۆنەکانیشی قورستر دەبێت. سوکترینەوەکەیان بە نزیکەیی ١٩٠٠MeV یان بەنزیکەیی ٢GeV بارستایی دەبێت. تاڕادەیەک بەهۆی ئەم بارستاییە زۆرترەوە، ئەوان بەئاسانی لەناو تیشکە گەردوونییەکاندا دروست نابن و تەنها بەدەرکەوتنی تاقیکردنەوە تایبەتەکان لە تاودەرەکانی تەنۆلکە بە وزەی بەرزەوە بوو، کە بوونی تەنۆلکە و کوارکە ئەفسۆنەکان لەچارەکی کۆتایی سەدەی بیستەم هاتە ئاراوە.

کوارکە ئەفسونەکان دەکرێ بەشێوەی سیانی لەگەڵ هەر پێکهاتەیەک لە کوارکەکانی سەر، خوار یان سەمەرە بۆ دروستکردنی بارۆنی ئەفسون یان تەنانەت هەدووی ئەفسونی و سەمەرەکی بوون یەکبگرنەوە. تەنانەت چەند نموونەیەک لە شوێنێک بینراون کە دوو کوارکی ئەفسون پەیوەست دەبن بە

کوارکێکی سەر، خوار، یان سەمەرە. ئێمە چاوەڕێ دەکەین کە سێ کوارکی ئەفسون بکرێ بۆ دروستکردنی باریۆن بە ٣ یەکەی ئەفسونەوە یەکبگرنەوە، بەڵام هێشتا چاوەڕێی بەڵگەی ڕوون دەکەین.

کـــوارکێکی ئەفســـون دەکـــرێ لەگەڵ دژەکوارکێکـــدا یەکبگـرێتەوە، کە دەکرێ هەرکام لە دژەکانی سـەمەرە، خـوار یان سەر بێت. بەناوبانگترین نموونەکان، یەکگرتنی کوارکێکی ئەفســـون و دژەکەیەتـــی، واتە $c\underline{c}$، کە دەچێـــتە نـــاو ڕێـــزی پایۆنەکان و ئێتاکان، واتە $d\underline{d}$ ، $u\underline{u}$ و $s\underline{s}$ کە پێشتر باسمان کـردوون. ئێتـا-cی بەرهەمهـاتوو کە بە η_c دەنووسـرێت، کە بارســـتاییەکەی MeV٣٠٠٠، واتە GeV٣ ە، کە هەڵـــبەت ســـوکترین نمـــوونەی ئەو شـــەبەنگەیە کە ناســـراون بە ئەفســـونگەراکان(charmonium). یەکەم جـــار بەڕێـــگەی ئەفسونگەرایی بوو کە سیفەتی ئەفسون دۆزرایەوە.

کاتێک η_c دروست دەبێت، بەهۆی ئەوەی هەردووی c و $\underline{c}$ کە سـپینەکەیان ٢/١ وە سـپینی جـووتەکە دەبێـت بە سـفر (سەیری وێنەی ٢٦ بکە). لەهەمانکاتدا ئەوان دەکرێ سپینەکەی پێکهاتەکەی خۆیان لە پێکهاتەدا دوو هێندە بکەنەوە، واتە کۆی سپینەکەیان ببێت بە ١. لەم بـارەدا دۆخـی دروسـتبوو تۆزێـک قورسـترە، واتە GeV٣.١ ە و نـاوی پسـی(psi)یە: ψ. کاتێـک ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنێک دەکەون لەیەکتر، دەسـڕێنەوە، ئەگەر کـۆی سـپینەکەیان ١ بێـت ئەمە بەئاسـانترین شـێوە ئەنجـام دەدرێت. لە وەهـا کارلێکێکدا هەردووی وزە و هەروەهـا بـڕی سـپین بە پـاریزراوی دەمێنێـتەوە؛ ئەمە دەمانگەیەنێـت بە ئەنجامێـک، کە ئەگەر لێکدانی وزەی ئەلیکتـرۆن و پـۆزیترۆن، لەگەڵ mc^2ەکەی مێزۆنێـک بە سـپینی ١وە یەکبگـرێتەوە

کوارکێک و دژە کوارکەکەی دروست دەکەن (کە بارگەکەی نیوترایە)، هەر بۆیە دەکرێ میزۆن لە هەڵوەشانەوەی ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن دروست ببێت. هەر بۆیە بۆ نموونە ئەگەر ئەلیکترۆن و پۆزیترۆنێک وزەی ئاوێتەکەیان بەنزیکەیی ٠.٨GeV بێت، کە بریتییە لە بارستایی تەنۆلکە سپین ١ەکەکانی ρ و ω، دەکرێ ئەم میزۆنانە دروست بکەن؛ لە وزەی نزیک ١GeV بەهاوشێوەیی میزۆنی $s\underline{s}$ دروست دەکەن کە ناسراوە بە فی φ؛ و لە ٣.١GeV دەگەین بە $c\underline{c}$ کە ناسراوە بە پسی ψ. بەم ڕێگە بوو یەکەم نموونەکانی ئەفسونگەر لە ساڵی ١٩٧٤دا دەرکەوتن و شەبەنگی تەنۆلکەکان بەرەبەرە دۆزرانەوە.

↑↑	name	mass (GeV)
$u\bar{u}$, $d\bar{d}$	ρ^0, ω	0.8
$s\bar{s}$	ϕ	1.0
$c\bar{c}$	ψ	3.1
$b\bar{b}$	Υ	9.5
$t\bar{t}$	?	370.0 (?)

وێنەی ٢٧.میزۆنەکان بە سپینی ١ وە دەکرێ بە ئاسانی بە ڕێگەی هەڵوەشانەوە e^+e^- دروست بکرێت. سەرەڕای ئەوە فۆتۆنێک و z^0 یش دەکرێ دروست بین کە لە کوارک پێکنەهاتوون.

میزۆنەکـــان کە ســـپینەکەیان ١ە بەئاســـانی دەکـــرێ لە هەڵوەشـــانەوەیی e^+e^- وە بەرهەم بـــێن. ســـەرەڕای ئەوە فۆتۆنێـــک و Z^0 یـــش دەکـــرێ دروســـت بـــبن کە لە کـــوارک پێکنەهـــاتوون. ئەو تەنۆلکـــانەی کە هەڵگـــری ســـەمەرەکی یـــان ئەفســـونن هاوســـەنگ نـــین. بارســـتاییەکەیان گەورەتـــرە لەو باریۆنانەی کە بە بێ ئەفسون یان سەمەرەکین، هەربۆیە وزە زاتییەکەیـــان کە بە mc^2 پیشـــاندەدرێ زیـــاترە. هەربـــۆیە هەرچەنـــــد تەنۆلکەکـــانی ســـــەمەرەکی و ئەفســــون لە بەرکەوتنەکـانی وزەی بەرزی تاودەرەکاندا بەرهەم دێـن، یـان تەنـــانەت لە وزە لە ڕادەبەدەر زۆرەکـــان کە دوای تەقیـــنەوە مەزنەکە(بیگبانـــــگ) بـــــاو بـــــوون، بەڵام ئەوان بەخێرایـــی هەڵدەوەشـــن و تەنهـــا ئەوەی مـــاوەتەوە کوارکەکـــانی ســـەرو و خـــوارە کە لەبـــاریۆنە ئاســـاییەکاندا بـــۆ دروســـتکردنی جیهـــانی ئەمڕۆمـــان دەربـــاز بـــوون؛ واتە میزۆنەکـــان لە کۆتاییدا بەهـــۆی لەناوچوونی کوارک و دژەکوارک پێکەوە، تیادەچن و لە دوای خۆیان فۆتۆن، ئەلیکترۆن و نیوترۆن وەکو بەرهەمـی کۆتـایی هاوسەنگ بەجێدەهێڵن.

بن و ترۆپك

لە ســـەرەوە بینیمـــان چـــۆن سروشـــت، بـــۆ ئەوەی کـــۆمەڵەی دووەم دروست بکەن، تامەکانی کوارکە بنەڕەتییەکانی خـۆی دووپـــات دەکـــاتەوە، واتە کوارکەکـــانی ســـەمەرە و ئەفســـون، بە هەمـــان بـــارگەوە بەڵام بە بارســـتایی گەورەتـــر لە ئامۆزاکانیـــان، واتە لە خـــوار و ســـەر. بەدروســـتی دەکـــرێ بپرســـین بـــۆچی؟ هەڵبەت ئەمە کۆتایی چیرۆکەکە نییە؛ سروشت لە کۆمەڵەیەکی ســـێهەمیش ســـوودی بینیـــوە، کە کـــوارکی زۆر قورســـترن، بەهەمـــان بـــارگەی کارەبـــاییەوە کە پێشـــتر باســـمان کـــرد. بەم

شێوە ئێمە کوارکی بن(b) (bottom) بە mc^2 ی GeV٤.٥ و بـارگەی $1/3-$وە و کـوارکی ترۆپـک(t)(trop)یـش هەیە کە mc^2 ەکەی بەنزیکەیـــی GeV١٨٠ە (ئەمە هەڵەی نووســـین نیـیە!)، بارگەکەشـی $+2/3$ە. چـۆن سروشـت ئەم بارسـتاییە گەورەیە دەکرێ دروستبکات، کە دەکرێ بەراورد بکرێت بە ئەتۆمێکی زێڕ کە لە فەزای 10^{-18} مەتردا خڕبووەتەوە؛ ئەمە یەکێکە لە نهێنییە گەورەکانی سـەدەی ٢١. لەهەنـدێک لە باسـە زانستییەکاندا لە جیاتی ترۆپک و بن پێیـان دەگوترێت ڕاسـتی (truth) و جـوانی(beauty)؛ ئەمەی دوایـی بەگشـتی لەسـەری ڕێکەوتـن دروسـتبووە، هەربـۆیە لێرەدا مـن بە ترۆپـک و بـن ناویان دەبەم. باریۆن و مێزۆنیش دروست دەبـن کە هەڵگری کوارک یان دژەکوارکەکانی (بن-b)ن و لەڕاستیدا هاوشێوەی ئەوانەن کە هەڵگـری کـوارکی سـەمەرەن بە هەمـان بـارگەوە. سـوکترینی مێزۆنەکـانی بـن، بارسـتایی یـان mc^2 یەکەیـان لەدەوروبەری GeV٥دایە. هەر بەهەمـــان شـــێوەی ســـەمەرە باریۆنەکـانی (بن)یـش دروسـت دەبـن. ئەوەی سـەبارەت بە سیفەتەکانیان دەبێ بینوسـین زۆر کەمە؛ بەهەرحـاڵ، ئەگەر تـۆ دەتەوێ دەربارەیـانەوە زۆر بزانـی سـەیری خشـتەی تەنـۆلکە سەمەرەکان بکە، و لەجیاتی s بنووسە b و بۆ هەر کوارکێکی b یـان دژە کـوارک GeV٤.٥ زیـاد بـکە. مێزۆنەکـانی بـن لەم دیـدگاوە ســەرنجڕاکێش بێـت، کە لەوانەیە ســەرەداوێک بــۆ مەتەڵـی بـۆچی گەردوون جـگە لە هەنـدێک بەدەر(ئیستسـنا) لەجیـاتی دژەمـادە لە مـادە دروسـتبووە، بخـاتە بەردەسـت. هەروەهــا شـــەبەنگێکی لە دۆخەکـــانی بــنگەری (بۆتۆمیــوم- bottomonium) بە بەراورد بە ئەفســـــــــــــــــــونگەری (charmonium) لە ئـارادایە: بـنگەری پێکهـاتووە لە $b\underline{b}$ ، کە سوکترینەکەیان بارستاییەکەی GeV٩.٥ە.

لەوانەیە لەم دیـــدگاوە چـــاوەڕێ بکەیـــت میژۆنەکـــان و باریۆنەکـــانی هەڵگـــری کـــوارکی تـــرۆپکیش لە ئـــارادا بێـــت، بەسیفەتی هاوشێوەی تەنۆلکە ئەفسونەکان (ترۆپک و ئەفسون هەمـان بارگەیـان هەیە) و سیفەتی سـەرەکییان بریتییە لەوەی کە ئەوان بارســـــتییەکەیان بەنزیکەیـــــی ۲۰۰GeVە کە زۆر قورسترە لە هاوتا ئەفسونەکانیان. بەڕاستی لەوانەیە وەها بێت و هەبـن، بەڵام جـارێ کەس هیچـی لـێ نازانێـت، چـونکە ئەو تواناییەمـــان نیـــیە کە بتـــوانین ئەم تەنـــۆلکە زەبەلاحـــانە بـــۆ لێکۆڵینەوەی ورد دروست بکەیـن. لەگەڵ ئەوەشـدا گومـانێکی بەهێـز سـەبارەت بە دروستبوونی ئەم تەنۆلکـانە لە ئارادایە. کێشـــەکە ئەوەیە کە کـــوارکە ترۆپکەکـــان لەهەمانکاتـــدا زۆر زەبەلاحـن، زۆریـش تەمەنیـان کـورتە، کە کەمتـر لە 10^{-25} چرکەیە، لەوانەیە کاتی ئەوەیان نەبێت بتوانن کوارکێکی تر یان دژەکوارکێک بگرن بۆ ئەوەی دۆخە داخراوەکان دروستبکەن کە ئێمە پێیان دەڵێین میزۆن و باریۆن.

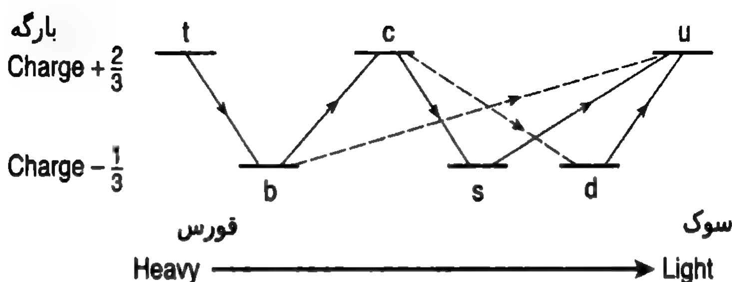
هەڵوەشـــــانەوەکە بەپێـــــی پرۆســـــەیەکی هاوشـــــێوەی ڕادیۆئـاکتیڤیتی ڕوودەدەن. هەروەکـو چـۆن کاتێـک نیـوترۆن دەگۆڕێـــت بە پرۆتـــۆن، کـــوارکێکی خـــواریش دەگۆڕێـــت بە کـوارکێکی سـەر (کە سـوکترە) و وزە لە فۆرمی ئەلیکتـرۆن و نیوترینۆیەک (بەشێوەی تەکنیکی دژە نیوترینۆ)،

$$d \to u(e^{-}\underline{v})$$

کوارکە قورسـەکانیش کارێکی لەو شێوە دەکەن. جیاوازی بـارگەی کوارکێـک وکـوارکێکی تـر یـان سـفرە یـان ± 1ە. لە نمـوونەی دواییـدا، هەڵوەشـانەوەیەک دەکـرێ لە کـوارکێکی قورسترەوە بۆ کوارکێکی سـوکتر ڕووبدات و ئەلیکتـرۆن یـان پۆزیترۆنێک دەربکات (لەگەڵ نویترینۆ یان دژەنیوترینۆیەک)، هەر بۆیە دەکرێ تاقگەیەک لە هەڵوەشانەوەمان هەبێت.

$$t \rightarrow b(e^+\nu); b \rightarrow c(e^-\underline{\nu}); c \rightarrow s(e^+\nu); s \rightarrow u(e^-\underline{\nu})$$

له قۆناغی کۆتاییدا تەنۆلکەیەکی هاوسەنگی تەمەندریژی وەکو پرۆتۆن بەجێ دەمێنێت. ڕێگەپێدراوە، هەنگاوێکی ئەم زنجیرەی هەڵوەشانەوە ون ببێت. بۆ نموونە $t \rightarrow d(e^+\nu)$ یان $\underline{\nu}b \rightarrow u(e^-)$ هەروەها بەئەگەرێکی نزم ڕێگەپێدراوە کە کوارکی ئەفسوون ڕێچکەیەکی تر بگرێتە بەر $c \rightarrow d(e^-\underline{\nu}); d \rightarrow u(e^+\nu)$ کوارکەکانی d و u هەڵگری بارستاییگەلێکی هاوشێوەن کە لە بارستاییە هاوشێوەکانی نیوترۆن و پرۆتۆندا ڕەنگدەداتەوە، بەشێوەیەک $d \rightarrow u(e^-\underline{\nu})$ هێواشە، بۆ نموونە نیوەتەمەنی نیوترۆنێکی سەربەست دە خولەکە. جیاوازی بارستاییەکانی تر گەورەیە و پرۆسەکان خێراتر ڕوودەدەن، سەبارەت بە ترۆپک ئێمە پێمان وایە زۆر خێرایە، بەشێوەیەک باریۆنەکان و مێزۆنەکان کاتی دروستبوونیان نابێت.



وێنەی ٢٨. هێزی فەرمانڕەوا لەسەر هەڵوەشانەوەکانی کوارک هێزی لاوازە. هەر تیرئاسایەکی ڕوو لەخوارەوە پیشاندەری دەرچوونی $e^+\nu$ە؛ هەر تیرئاسایەکی ڕوو لەسەرەوە پیشاندەری $e^-\underline{\nu}$ ە، دوو ڕێچکەی کەم ئەگەرتر بە تیرئاسای بڕبڕ پیشاندراوە.

کێ داوای ئەمەی کردووە؟

جیهانی ئێمە پێکهاتووە لە کوارکی سەر(u) و خوار(d)، ئەلیکترۆن و نیوترینۆ. دوایین دانە ناسراوە بە ئەلیکترۆن-نویترینۆ(electron-neutrino) و بە سیمبولی ν_e پیشاندەدرێت، بەواتای ئەوەی دەستەخوشکی ئەلیکترۆنە. سروشت بە ڤێرژەنە قورسەکانی کوارکەکانی ئەفسون (c)و سەمەرە (s)و هەروەها بن (b)و ترۆپک(t)، کە هەموویان بارگەکەیان$-1/3$ و $+2/3$ە سێ جارە دەکاتەوە. تەنها سەبارەت بە کوارکەکان نییە کە سروشت ئەم کارە دەکات؛ ئەم جۆراجۆرییە بۆ هەرکام لە سێ لێپتۆن(lepton)ەکانیش هەیە. ڤێرژەنێکی قورستری ئەلیکترۆن هەیە کە ناسراوە بە موئون بە سیمبولی μ^-. ئەویش هاوشێوەی ئەلیکترۆن بارگەکەی نێگەتیڤە. موئون (و ڤێرژەنە دژەکەی μ^+) وادیارە لەهەموو بارێکەوە لەگەڵ ئەلیکترۆن و پۆزیترۆن یەکسانن، بەو جیاوازییەوە کە بارستاییەکەی ٢٠٧ جار گەورەترە و mc^2ەکەی بەنزیکەیی ١٠٥MeV ە. لە هەڵوەشانەوەکانی هێزی لاوازدا موئون لەگەڵ نیوترینۆیەکدا دەردەچێت، بەڵام نیوترینۆکەی جیاوازە لە ν_e. ئێمە بەمە دەڵێین نیوترینۆی موئون و بە سیمبولی ν_μ پیشانی دەدەین هەڵبەت (دژێکیشی هەیە کە بە $\underline{\nu_\mu}$ پیشاندەدرێت).

سێیەم کۆمەڵەی لیپتۆنەکانیش هەیە. کە پێکدێت لە تاو(tau)، کە تەنۆلکەیەکی هاوشێوەی ئەلیکترۆنە، بەڵام بارستاییەکەی بەنزیکەیی ٢GeV (ئەمە بە τ^- پیشاندەدرێت و دژەکەشی بریتییە لە τ^+) و نیوترینۆ (و.دژە نیوترینۆ)ی گرێدراویش بریتی دەبێت لە $\nu_\tau(\underline{\nu_\tau})$.

نیوترینۆکان بە بارستاییەکەیان لەیەکتری جیادەکرێنەوە کە زۆر بچووکتر لەوەن بپێورێن، هەربۆیە ئێمە دەستمان کردووە بە پێوانی ئەو جیاوازییە کەمەی کە لە بارستاییدا هەیانە. بەکورتی وادیارە کە بارستاییە سیفەتی سەرەکی جیاوازی سێ نەوەی تەنۆلکە بنەڕەتییەکان. لە لێکۆڵینەوە لە بۆزۆنی Z وە دەزانین کە ئیتر هیچ جۆرە نیوترینۆیەکی سوکتر لە سروشتدا نییە. چونکە ئێمە دەتوانین درێژەتەمەنی Z_0 بپێوین، کە دەرکەوت هەر ئەوە بوو لەلایەن تیۆریسازەکانەوە پێشبینی کرابوو، کە تەنها ٣ جۆری جیاوازی نیوترینۆ دەکرێ لەکاتی هەڵوەشانەوەیدا دروست ببێت. هەرچی ژمارەی نیوترینۆکان زیاتر بێت Z_0 خێراتر هەڵدەوەشێت. ئەگەر نیوترینۆی زیاتر هەبێت تەمەنی Z_0 کورتتر دەبێتەوە کە دژ دەبێت بەوەی لە ڕاستیدا دەبینرێت. هەربۆیە ئەنجامگیرییەکە بریتییە لەوەی کە تەنها ٢ جۆری جیاواز لەم نیوترینۆ سوکانە هەیە. بەسەرنجدان بەم ئەنجامە، چونکە پێمانوایە هەر نیوترینۆیەکی جیاواز لفی لیپتۆنێکی بارگە نێگەتیڤە، کە ئەویش بەنۆبەتی خۆی لەگەڵ دوو کوارکی جیاواز بە بارگەی $1/3-$ و $2/3+$ وە لفە. کەوابوو دەکرێ هەموو ئەم پارچە بنچینەییانە بناسینەوە و ڕێکیان بخەین. هەر کام لەم لیپتۆنانە سپینەکەیان ½ ە. هەر بۆیە وادیارە سروشت سێ وەچەی تەنۆلکەی بنەڕەتی بە سپینی ½ وەوە دروستکردووە. بۆچی سێ؟ ئێمە نازانین. بۆچی تەنانەت ١ کەس لەمە ناڕازی نەبوو؟ لێرەشدا دووبارە بە دڵنیاییەوە نازانین، بەڵام پێمانوایە لەوانەیە ئەمە پەیوەندی بە مەتەڵێکی ترەوە هەبێت: بۆچی لە گەردووندا ناهاوسەنگی لەنێوان مادەو دژەمادەدا هەیە؟

Quarks	e = +2/3	u	c	t
	e = −1/3	d	s	b
Leptons	e = −1	e	μ	τ
	e = 0	ν_e	ν_μ	ν_τ

وێنەی ٢٩.کوارکەکان و لیپتۆنەکان. کوارکەکانی بارستاییەکەیان بەنزیکەیی ٥-١٠ MeV ە و سەمەرەکی بارستاییەکەی ١٥٠MeVە. کاتێک لەناو هادرۆندا حەپس دەبن، وزەی زیاتریان دەستدەکەوێت بارســـتاییەکانیان بەڕێـــز بەنزیکەیـــی ٣٥٠MeV و ٥٠٠MeV ە. بارســتایی کــاریگەریی کــوارکە قورســترەکان زۆر نــاکەونە ژێــر کــاریگەریی حەپسبوونیان لەنــاو هادرۆنەکانــدا. بارستاییەکەیان بـۆ ئەفسون ~١.٥GeV، بن ~٤.٥GeVو ترۆپک ~١٨٠GeVە.

(کێ داوای ئەمەی کرد(who ordered that)؟ وتەیەکی بەناوبــانگی زانــای ســویدی ئیســیدۆر ئیســحاق ڕابییــە. وەکــو کــاردانەوەیەک بـۆ دۆزینەوەی تەنۆلکەیەکی نـوێ (موئـون) لە ســـاڵی ١٩٣٦، دوای ئەوەی کە زۆربەی زاناکــان گەیشــتبوون بەو ئەنجـــامەی کە هەمـــوو تەنـــۆلکە ســـــەرەتاییەکانیان دۆزیوەتەوە)

مەتەڵی دژەمادە

دژەمـادە خەرمـانەیەک لە نهێنـی داپۆشـیوە، مـژدەی هـاتنە ئـارای دوانەیەکـی سروشـتیمان دەداتـێ کە چەپەکەی ڕاسـتە، بــاکورەکەی باشـورە و کــات بە پـێچەوانەوەیە. بەناوبــانگترین ســـیفەتی توانـــاییەتی بـــۆ لەنـــاوبردنی مادەکـــانی ئـــێمەیە و

دروستکردنی چەخماخەیەکی ڕووناکی و گۆڕینی بۆ وزەی پەتی. لە چیرۆکە زانستییە خەیاڵییەکاندا، دژەهەسارەکان (antiplanet) گەشتیارەکان بەرو فەنا دەبەن، تەنانەت ئەوکاتەشی، کە دژەهایدرۆجین وزە دەدا بە مەکینەی موشەکە ئەستێرەبڕەکان. لەڕاستیدا، بەسەرنجدان بەوەی هەرچی کە چەندین دەیەیە فیزیای ئەزموونی فێرمانی کردووە کە گەردوونە تازە لەدایکبووەکە بریتی بوو لە مەنجەڵێکی زەبەلاحی وزە، کە مادە و دژەمادە بەشێوەیەکی هاوسەنگی تەواو لەگەڵ یەکتر تێکەڵ بوون. ئەمە پرسیارێک دەهێنێتە ناو مێشکمانەوە: چۆنە مادە و دژەمادە خێرا یەکتریان نەسڕییەوە؟ چۆنە ئێستا و دوای ١٤ ملیارد ساڵ بەگشتی گەردوون شتی تێدایە؟

ئەمە مەتەڵی بوونی ئێمەیە. ئێمە لە مادە دروستبووین و هیچ مینێکی دژەمادەش لەسەر زەوی لەئارادا نییە، کە مادەی دەوروبەری بەشێوەیەکی کارەساتبار تیا ببات. وادیارە بەڕێکەیەک، چەند سات دوای تەقینەوە گەورەکە، مادە توانی زاڵ ببێت و دژمادە سڕایەوە، وزەی گەرمایی ئەم تێکچوونە مایەوە (لە ئەمڕۆدا ٣ پلە بەرزترە لە سفری ڕەها و ناسراوە بە تیشکدانەوەی پاشخانی مایکرۆشەپۆل) و زیادەی مادە لە کۆتایدا بەشێوەی گەلەستێرەی ئەستێرەکان خڕ بوونەوە. شتێک دەبێت هەبێت کە جیاوازی لە نێوان مادە و دژەمادەدا دروست بکات.

زنجیرەی ڕووداوەکان، کە ئەو توانایییەی بەخشی پارچەکانی مادە لەناو ئەستێرەکاندا بکوڵێن، لە کۆتاییدا دەبن بەوەی کە پێکهێنەری کۆمەڵەی مادەن و لە ئیمڕۆدا دەبینرێن و لەبەشی دواتر شرۆڤەی دەکەین. لێرەدا ئێمە ئەم پرسیارە

دەهێنینە ئاراوە کە چۆن مادە و دژەمادە دەکرێ لەگەڵ یەکتر جیاواز بن.

ئەم پرسیارە ساڵەهای ساڵە فیزیایی و گەردووناسەکانی بەخۆیەوە سەرقاڵکردووە. سەرەداوێکی بنەڕەتی لەساڵی ١٩٦٤دا دۆزرایەوە و بەتازەیی و بەدوای دۆزینەوە و پێشکەوتنەکان لە تەکنەلۆژیادا، ئەو هەلە هاتووەتە ئاراوە تاوەکو لەو سەرداوەوە گومانلێکراوەکە بدۆزرێتەوە. سەرەداوەکە ئەم دۆزینەوەیە، کە سروشت هەڵگری ناهاوسەنگییەکی بچووکە، حەز بۆ ڕەفتاری دیارکراوی تەنۆلکە سەمەرەکانی وەکو K^0 و $\underline{K}^0$.

تەنۆلکە سەمەرەکان لە ساڵی ١٩٤٧ لەناو پاشماوەکانی بەرکەوتنی تیشکەگەردوونییەکان لەدیوی دەرەوەی بەرگەهەوای زەوی دۆزرانەوە. تێگەیشتن لەوەی کە مادەسەمەرەکان(exotic stuff) لە گەردوون هەن یارمەتیدەر بووە بۆ ئیلهامی دروستکردنی تاودەرەکانی تەنۆلکە، کە بە بەرفراوانی توانای بەرهەمهێنانی تەنۆلکە سەمەرەکانی لە نموونەی مێزۆنەکانی Kی هەیە. بەم شێوە بوو کە لەساڵی ١٩٦٤ لەلایەن تیمێکی فیزیاییەکان لە تاقیگەی نیشتیمانی برۆکهاڤن(Brookhaven) لە نیویۆرک دۆزرایەوە، کە بەنزیکەیی یەک لە ملیۆنجار مادەو دژەمادە لە هەڵوەشانەوەی مێزۆنەکانی Kدا هاوتا نەبوون.

سروشتی ئەم ناهاوجێیە بەڕادەیەک وردە کە لێکۆڵینەوە لێی یەکێکە لە قورسترین و وردترین پێوانەکان لە فیزیای نوێدا. ئەم سەرکەوتنە بەدوای دۆزینەوەی یەکەم نموونەی تەنۆلکەکانی "بن" لەساڵی ١٩٧٧ دا بوو، کە لە ڕاستیدا ئەوان ڤێرژەنی قورستری تەنۆلکەکانی سەمەرەن. هەروەکو چۆن تەنۆلکە سەمەرەکان دەکرێ جیاوازی بکەن لە نێوان مادە و

دژەمادە، تەنۆلکەکانی "بن"یش لەوانەیە وابن. لەڕاستیدا کاتێک کوارکەکانی بن و ترۆپک دۆزرانەوە و سەلما سروشت لە سێ وەچەی کوارکەکان و دژەکوارکەکان دروستبووە، بەسەرسووڕمانەوە هاوکێشەکانی بەرئەنجام وادەردەکەون کە ناهاوجێی لەنێوان مادە و دژەمادەدا بۆ تەنۆلکەکانی بن بەنزیکەیی حەتمییە. پێشبینی دەکرێت ناهاوجێی ورد لەنێوان K^0 و $\bar{K}^0$ لە هاوتا "بن"ەکاشی واتە B^0 و $\bar{B}^0$ زۆر گەورەتر بێت. ئایا بوونی ٣ وەچە و بەتایبەتی کوارکەکانی نزم دەکرێ بەڕێگەیەک کلیلی مەتەڵەکە بێت. بەهۆی تەنۆلکەکانی بن کە لە یەکەم ساتەکاندا بە بەرفراوانی لەگەردووندا هەبوون، ئایا دەکرێت ئەم نهێنییە کە چۆن مادە زاڵ بوو بەسەر گەردووندا بکاتەوە؟ بۆ دۆزینەوەی وەڵامەکە پێویستە بە ملیارد B^0 و $\bar{B}^0$ ت دەستکەوێت و بەوردی لێکۆڵینەوەی لەسەر بکەیت. بۆ ئەنجامدانی ئەمە، "کارگەکانی B" - تاودەرەکانی e^- و e^+ کە بەگشتی وزەکەیان لەدەوروبەری ١٠GeV دایە، ژمارەیەکی زۆر B^0 و $\bar{B}^0$ دروست دەکەن- لە کالیفۆرنیاو ژاپۆن سازکران. ئەمانە مەشینگەلێکن تاڕادەیەک چڕ و کۆ، کە چێوەکەیان تەنها چەند سەدمەترێکە، بەڵام هەڵگری گورزەکانی وزەبەرزی تەزووی کۆنترۆڵکراون بە وردبینییەک کە هەرگیز پێشتر پێی نەگەیشتبووین.

تاودەرەکان لەساڵی ١٩٩٩ تەواو کران و تاقیکردنەوە بۆ کۆکردنەوەی داتا سەرەتاییەکان دەستی پێکرد. بۆ دەسکەوتنی ئەنجامی دڵنیاکەر پێویستە ژمارەیەکی یەکجار زۆر تەنۆلکەی بن خەڵق بکرێن و لێکۆڵینەوەیان لەسەر بکرێت. ئەمە وەکو هەڵدانی پارەی ئاسنە: بەشێوەی بەختەکی لەوانەیە ٥جار پشتەسەریەک شێر و ١٠ جار پشتەسەریەک خەت بێت. بەڵام

ئەگەر ئەمە بەردەوام درێژە بکێشێت بەواتای ئەوەیە ئەو پارەی ئاسنە شتێکی تایبەتی تێدایە. لێکۆڵینەوە لە تەنۆلکە کەم تەمەنەکانیش هەر بەو جۆرەیە. ئەوان زۆر کەمتر لە چاوتروکاندنێک دەژین و ئەمە شتێکە دوای مەرگیان دەمێنێتەوە، ئەگەر حەزت لێ بێت لە بارەیانەوە بزانی دەبێت کۆدی پاشماوەکانیان (تۆ بڵێ بە بەردەبووەکانیان) بکەیتەوە. پێویستە ژمارەیەکی زۆر لەم بە بەردبوانە هەبێت تاوەکو دەربکەوێت ئایا جیاوازییەکە هەقیقیە یان لە ئەنجامی بەختەوەیە.

ژمارەیەکی زۆر بەبەردبوو هەیە کە دەبێت لێکۆڵینەوەی لەسەر بکرێت و تیمە پسپۆرەکان لەم دوو تاودەرەدا دەستیان کردووە بە کۆکردنەوەی داتا و پێوانی سیفەتەکانی چەندین نموونە لەمانە. لەناو ئەمانەدا هەندێ جۆرێکی تایبەتی هەیە کە ناسراون بە ڕووداوەکانی ' پسی کەی کورت' (psi-K-short)- لێرەدا B^0 و $\underline{B}^0$ هەڵدەوەشێن و ψ و تێکەڵەیەکی تایبەتی لە K^0 و $\underline{K}^0$ بەجێدەمێنێت- کە تیۆرییسازەکان پێشبینی دەکەن خێراترین پیشاندەری جیاوازییە لە نێوان مادەی بن و دژەمادەی بن. تاوەکو ۲۰۰۳ ڕوون بووەوە کە ئەم هەڵوەشانەوەیە گەورەترین جیاوازی نێوان مادەو دژەمادە پیشان دەدا، هەر بەو شێوەی پێشبینی کرابوو. چەندین ساڵی دەوێ، تاوەکو دەربکەوێت ئایا ئەوان وەڵامێکی تەواویان بۆ مەتەڵی مادەو دژەمادە سەبارەت بە ناهاوجێی لە ئاستی گەورەدا و لە بنچینەیترین توخمەکانی مادەدا دەستدەکەوێت، یان نەخێر ناهاوجێی پیشاندراو لەلایەن تەنۆلکەکانی 'بن'وە تەنها دیاردەیەکی نهێنیئامێزە لەناو فۆرمە سەیرو سەمەرەکانی مادەدا.

بەشی نۆیەم
مادە لە کوێوە هاتووە؟

ئەستێرەکان لە هایدرۆجینی خاوەوە تۆخمە قورسەکان دروست دەکەن. تۆوی هایدرۆجینش بریتییە لە کوارکەکان. سەبارەت بە ڕەفتاری تەنۆلکەکان لە گەردوونی سەرەتایدا چی دەزانین؟

ئێمە بەهۆی کۆمەڵەیەک ڕووداوی بەڕێکەوتی بەختەکییەوە هەین: ئەو ڕاستییەیی کە خۆر بەنرخێکی دروستەوە دەسوتێت (ئەگەر خێراتر بوایە پێشئەوەی ژیانی زیرەک بەختی دروستبوونی هەبێت دەبرژان؛ هێواشتر بوایە لەوانەبوو وزەی پێویست بۆ بایۆکیمیا و هەرچەشنە ژیانێک لە ئارادا نەبوایە)؛ ئەو هەقیقەتەی کە پرۆتۆنەکان- تۆوی هایدرۆجین- هاوسەنگن، ئەو توانایییە دەدا بە ئەستێرەکان تۆخمە کیمیاییەکان کە بنچینەین بۆ زەوی دروست بکەن و ئەو ڕاستییەیی کە نیوترۆنەکان تۆزێک قورسترن لە پرۆتۆنەکان، توانایی دەدا بە ڕادیۆئاکتیفیتی بێتا، کە گۆڕینی پرۆتۆنی هایدرۆجینی بۆ هیلیۆم لێ دەکەوێتەوە و ئەمەش توانایی دەدا

بە خۆر بدرەوشێتەوە، ئەگەر هەرکام لەمانە یان چەندانی تر تۆزێک بگۆڕێن، ئێمە لێرە نابین.

ئێمە و هەموو شتێک لە ئەتۆم پێکهاتووین. ئەم ئەتۆمانە لە کوێوە هاتوون؟ بەم دوایە (مەبەستم ٥ ملیارد ساڵ لەوەو پێشە!) ئەوان لەناو ئەو ئەستێرانەی کە لە مێژبوو نەمابوون لە پرۆتۆنەکانەوە واتە لەناوکی سادەترین توخمی ئەتۆمی- هایدرۆجین، دروستبوون. پرۆتۆنەکان زۆر پێشتر لە گەردووندا دروست ببوون، پێکهاتە کوارکییەکەیان و هەروەها ئەلیکترۆنەکان لەیەکەم ساتەکاندا دروستبوون. ئەم بەشە شرۆڤەی ئەوە دەکات چۆن ئەو مادەی ئێمەی لە دروستبوویین هاتووەتە ئاراوە.ئەوە پرۆتۆنە سەرەتاییەکانن کە خۆریان پێکهێناوە، کە تاوەکو ئێستاش دەسوتێ. با سەرەتا شرۆڤەی ئەوە بکەین خۆر چۆن کاردەکات و وزەی پێویست دەخاتە بەردەست بۆ ئەوەی ئێمە هەبین.

هایدۆجین سادەترین ئەتۆمە، کە ئەلیکترۆنێکی بارگە نێگەتیڤ لەدەوری پرۆتۆنێکی پۆزەتیڤی ناوەندیٔ دەسوڕێتەوە. تارادەیەک هایدرۆجین لەسەر زەوی نایابە (جگە لەکاتێک لەناو گەردی ئاودا حەپس دەبێت- H_2O بەڵام لە گەردوونی گەورەدا بەگشتی باوترین توخمی ئەتۆمییە. لەپلەی گەرمی زەویدا ئەتۆمەکان دەکرێ ڕزگاریان ببێت، بەڵام لە پلەی گەرمی بەرزتردا، چەند هەزار پلەی سەدی، ئەلیکترۆنەکان ئیتر لە حەپسدا نابن و بەسەربەستی دەجووڵێن: دەگوترێ ئەتۆمەکە بووە بە ئایۆن(Ionized). ئەمە ئەو شتەیە لەناو خۆردا ڕوودەدا: ئەلیکترۆن و پرۆتۆنەکان بەشێوەی سەربەخۆ لە دۆخێکی مادەدا کە ناسراوە بە پلازما(plasma) کۆدەبنەوە.

پرۆتۆنەکان دەکرێ بکەون لە یەکتر و کۆمەڵەیەک پرۆسەی ناوکی دەستپێبکەن کە لە کۆتاییدا چوار لەوان دەگۆڕێن بە ناوکی سادەترین توخمی دواتر؛ واتە هیلیۆم. وزی

حەپس بوو لەناو ناوکی هیلیۆم (واتە $E = mc^2$) کەمترە لە وزەی چـوار پرۆتـۆنە سـەرچاوەییەکە. ئەم وزە زیـادەیە بەفەزای دەوروبەردا بڵاودەبێتەوە، هەندێکیشـی لە کۆتاییـدا زەوی گەرم دەکات.پرۆتۆنەکان بۆ یەکبوون و دروستکردنی هیلیۆم دەبێت بەریەکتر بکەون. ئەمەش قورسە، چونکە بارگە پۆزەتیڤەکەیان یەکتری دووردەخەنەوە و دوورییان لە یەکتر دەپـارێزن. بەهەرحـاڵ، گەرمـی ۱۰ ملیـۆن پـلەی سـەدی جووڵەوزەی پێویستیان دەداتێ تاوەکو هێندە نزیک ببنەوە و پرۆسـەی ناوکەیەکبوون دەستپێبکات. ئەمە بەسە بۆ ئەوەی دوای ٥ ملیارد ساڵ لەدوای خەڵق بوون هەر پرۆتۆنێک تەنها ٥٠:٥٠ بەختـی ئەوەی هەبێـت بـۆ ئەوەی بەشـداری ناوکەیەکبوون بکات، بەواتایەکی تر؛ تا ئێستا خۆر تەنها نیوەی سوتەمەنییەکەی خۆی بەکارهێناوە.ئەمە یەکەمین بارودۆخی بەختەکییە. مـرۆڤ لە لـوتکەی پەرەسـەندندایە و بەنزیکەیـی هەمـوو ئەم ٥ ملیـارد سـاڵە درێـژەی کێشـاوە تـاوەکو ئێمە دەرکەوین. ئەگەر خۆر خێراتر بسوتایە پێشئەوەی ئێمە ببین ئەو دەمرد.بـابزانین چـی ڕوودەدا و لەکۆتاییـدا بـۆچی بەتەواوەتـی هاوسـەنگە. یەکەم هەنگـاو کـاتێکە کە دوو پرۆتۆنەکە دەگەن بەیەکتر و یەکتری هەست پێدەکەن. یەکێک لەوان بەشـێوازێکی هەڵوەشـانەوەی رادیۆئاکتیڤـدا دەڕوات و دەگۆڕێـت بە نیـوترۆن و پۆزیترۆنێـک(دژە ئەلیکترۆنێـک) و نیوترینـۆیەک دەردەکـات. بەشـێوەی ئاسـایی ئەوە نیـوترۆنە بەهـۆی بارسـتایی زیـادەوە و ناهاوسـەنگی پەیوەندیـدارەوە، هەڵدەوەشـێت و دەگۆڕێـت بە پرۆتـۆن و ئەلیکتـرۆن و نیوترینـۆیەک. بەپـێچەوانەوە پرۆتـۆنی دابـڕاو، کە سـوکترین باریۆنە، هاوسەنگە. بەڵام کاتێک دوو پرۆتۆن نزیک دەبنەوە لە یەکتری ئەوان هەست بە دوورخستنەوەی هێزی کارۆوەستاو دەکەن؛ ئەمە بەشێک دەبێت لە کۆی گشتی وزە تاوەکو زیاتر

بێــــت لە وزەی دیـــــوترۆن (deuteron)(پرۆتۆنێـــــک و نیوتررۆنێـک پـێکەوە دەبەسـتێرێنەوە). لە ئەنجامـدا یەکێک لە پرۆتۆنەکــان دەکــرێ بگۆڕێــت بە نیـــوترۆن و دوایـــی بە نیوترۆنێکی تر ببەستریتەوە و هاوسـەنگی بەرز بکاتەوە. ئەم هەڵوەشانەوەی پرۆتۆنە ئەنجامەکەی دەبێت بە نیوترۆنێک و پۆزیترۆنێک، واتە دژەتەنۆلکەیەکی بارگە پۆزەتیڤ.

وەکو دەبینن یەکەم سوڕی ناوکەیەکبوونی خۆر دژەمادە بەرهەم دەهێنێـت! پـۆزیترۆن زۆر خێـرا بەهـۆی بەرکەوتنـی لەگەڵ ئەلیکترۆنی ناو پلازماکە تیادەچن و لەدوای خۆیان دوو فۆتۆن بەرهەم دەهێنن کە بەهۆی پلازما بارگاوییەکەوە بڵاو دەبێتەوە و لە کۆتاییدا دەستدەکەن بەکارکردن بۆ ئەوەی بگەن بە ڕووبەری خـۆر (کە ئەمە چەنـد هەزار سـاڵ کـات دەبـات)، بەهۆی ئەم کاتە درێژەوە وزەکەیان بەتووندی دادەبەزێت، کە یارمەتیـان دەدا ببن بە بەشێک لە تیشکی خۆر. نیوترینۆکـان بەبێ بەرکەوتن لە ناوندی خۆرەوە دێنە دەرەوەو دوای چەند خولەک دەگەن بە ئێمە.

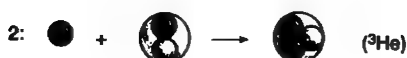
ئەی نیـوترۆن و پرۆتۆنەکـان چییـان بەسـەر دێت؟ ئەوان زۆر بەتووندی بەهۆی هێزی ناوکی بەتینەوە پێکەوە دەنوسێن: ئەم دووە نـاوکی هایـدرۆجینی قـورس دروسـت دەکەن- واتە دیوترۆن.

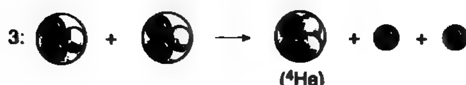
ئەم دیوترۆنە لەناو ژمارەیەکی زۆر پرۆتۆندایە، کە هێشتا بەشی زۆری خۆر پێکدەهێنێت. زۆر بەخێرایی دیوترۆن لەگەڵ پرۆتـۆنێکی تـر پەیوەنـدی دروسـتدەکات و نـاوکێکی هیلیـۆم پێکدەهێنێت: واتە هیلیۆمی ٣. دوان لەم هیلیۆمی ٣یانە دەکرێ پێکەوە بنوسێن وجارێکی تر پارچەکانی خۆیان ڕێکبخەنەوە و ناوکی هیلیۆمی ٤ دروست بکەن (بـاوترین فۆرمی هاوسـەنگ) و دوو پرۆتۆنی زیادە ئازاد دەبێت.

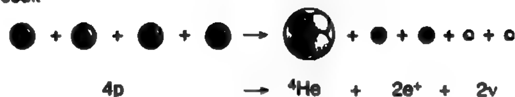
ئەنجامی کۆتایی بریتییە لەوەی ٤ پرۆتۆن ناوکێکی هیلیۆم دروســـت دەکەن لەگەڵ دوو پـــۆزیترۆن و دوو نیوترینـــۆ. پرۆتۆنەکان سوتەمەنین، هیلیۆم سوتماکە و وزەش بەشێوەی گوررزەکانی گاما، پۆزیترۆنەکان و نیوترینۆکان بەڕەڵا دەبێت.

لەناو دڵی خۆردا:









وێـنـەی ٣٠. گـۆڕینی هایـدرۆجین بـۆ هیلیـۆم لە نـاو خـۆردا.

قۆناغەکانی دواتر کە دیوترۆنێک و پرۆتۆنێک H^3 دروست دەکەن و پاشان دەبن بەهۆی دروستبوونی H^4 بەنزیکەیی هەر لە ڕێوە و بەخێرایـــی ڕوودەدا. دواکەوتـــنەکە لە قۆنـــاغی یەکەم دایە $p + p \rightarrow$ dve^+ کە دەبێت بەهۆی کۆنترۆڵی سوتاندنی خۆر، کە بۆ ئێمە زۆر گرنگە (هێواشی دەکاتەوە)ە.

نرخـی سـوتاندن بەنـدە لەسـەر تونـدی هێـزی لاواز، کە پرۆتـۆن دەگۆڕێـت بە نیـوترۆن (پـێچەوانەی هەڵوەشـانەوەی بێتـا). ئەم هێـزە هـاوڕێکە لەگەڵ هێـزی کارۆموگناتیسـیی کە پێشـتر باسـمان کـرد. هێـزی کارۆموگناتیسـی بەهـۆی فۆتۆنەکـانەوە دەگـوازرێتەوە کە بـریتییە لە ئـاڵوگۆڕ لە نێـوان تەنـۆلکەیەکی بارگـاوی و تەنـۆلکەیەکی تـر. فۆتۆنەکـان بێبارسـتاین: ئەمە ئەو هەلەیـان دەداتـێ بـۆ مەودای زۆر دوور بڵاوببـنەوە بەبـێ ئەوەی یاسـای پاراسـتنی وزە ڕێگریـان لـێ بکـات، هەر بـۆیە هێـزی کارۆموگناتیسـیی درێـژمەودایە. بەپـێچەوانەوە، هێـزی لاواز (لانـیکەم لە وزەی سـەر زەوی و خـۆر) لاوازیـیەکەی بەهـۆی بـۆزۆنی W یەوەیە و ئەمەش هۆکاری سنووردار بوونی مەوداکەیەتی.

هەربۆیە بە هێواشی سوتانی خۆر لەلایەن هێزی لاوازەوە کۆنترۆڵ دەکرێت کە ئەویش بەنۆبەی خۆی بەهۆی بارستایی بـۆزۆنی W وە کـۆنترۆڵ دەکرێـت. ئەگەر بارسـتاییەکەی بچووکتر بوایە، کاریگەریی هێزی لاواز بەتینتر دەبوو و نرخی سـوتانی خـۆریش بەرزتـر. بـۆچی W ئەم بارسـتاییە باشـەی هەیە؟ ئـێمە نـازانین. ئـێمە تەنـانەت دڵنیـا نـین بەڕاسـتی بارسـتاییەکەی لەکوێوە دێت. هەرچەنـد ئایـدیا گەلێک لەلایەن پیتـر هیگـزەوە هـاتووتە ئاراوە کە بەزوویـی تـاقی دەکـرێنەوە (سەیری بەشی ١٠ بکە)

(لە پێکـدادەری گەورەی هـادررۆنی (LHC)تـاقیکرایەوەو لەساڵی ٢٠١٢ بەفەرمی لەناوەندی سێرن دۆزرانەوەی بۆزۆنی هیگز کە بەرپرسە لەبارستایی تەنۆلکەکان ڕاگەیەنرا-وەرگێر).

نمـوونەگەلێکی تـر هەن کە بارسـتایی ڕۆڵێکـی گرنـگ لەچارەنووسـماندا دەگێڕێـت. هەروەکـو لەسـەرەوە قسـەمان لەسەر کرد، هەڵوەشانەوەی بێتا بـریتییە لە گۆڕینی نیوترۆن بۆ پرۆتۆن و دەرچوونی ئەلیکترۆن و نیوترینۆ. ئەمە پێویستی

بەوە هەیە کە نیوترۆن تۆزێک لە پرۆتۆن قورستر بێت، کە بەپێی ئەو پرۆتۆنەکان تۆوی هاوسەنگی ئەتۆمەکان و زانستی کیمیان. (ئەگەر نیوترۆنەکان سوکتر بوایەن کەوابوو نیوترۆن دوای تەقینەوە مەزنەکە دەبوون بە هاوسەنگ، ئەم تەنۆلکە بێبارگانە نەیاندەتوانی ئەلیکترۆنەکان ڕابکێشن و ئەتۆم دروست بکەن، هەربۆیە کیمیا زۆر جیاواز دەبوو یان هەر نەدەبوو.) نیوترۆن تەنها یەک لەسەر هەزار قورسترە لە پرۆتۆن، بەڵام خۆشبەختانە ئەمە بەسە بۆ ئەوەی ئەلیکترۆنێک دروست ببێت، یان بەواتایەکی تر بارستایی ئەلیکترۆن بەڕادەی پێویست بچووک هەیە بۆ ئەوەی لەوەها پرۆسەیەکدا دروست ببێت. ئەگەر گەورەتر بوایە هەڵوەشانەوەی بێتا و خۆر دەبیەست؛ ئەگەر بچووکتر بوایە، هەڵوەشانەوەی بێتا خێراتر دەبوو و داینامیکی خۆر جیاواز تر دەبوو توندی ڕووناکی سەروبنەوەشەیی بەرزتر و تەندروستیمان لەمەترسیدا دەبوو. (بارستایی ئەلیکترۆن یارمەتی دیاریکردنی قەبارەی ئەتۆمەکانی وەکو هایدرۆجین دەدا؛ بارستایی بچووکتر گرێدراوە بە بەئەتۆمێکی گەورەتر و بە پێچەوانەوەوە. هەربۆیە قەبارەی شتەکان پەیوەندی بە بارستایی ئەلیکترۆنەوە هەیە) هۆکار بۆ ئەم شێوازە لەبارستاییەکان هێشتا دەبێت بدۆزرێتەوە.

هەربۆیە درەوشانەوەی خۆر بەهۆی بەختەوەری ناوکەیەکبوونەوەیە. لەماوەی ٥ ملیارد ساڵی داهاتوودا هایدرۆجینەکەی تەواو دەبێت و دەگۆڕێن بە هیلیۆم. هەندێک لەم هیلیۆمانە لە ئێستادا لەگەڵ پرۆتۆنەکان و هیلیۆمەکانی تر یەکدەگرن و دەبن بە تۆوی توخمی قورستر. ئەم پرۆسە هەروەها دەبێت بە هۆی دروستبوونی نیوترینۆ، کە هەندێک لەوانەی وزەیان بەرزترە لەیەکبوونی پرۆتۆنە سەرەتاییەکانەوە دروستبوون، هەربۆیە بەڕێگەی دەرخستنی

نیوترۆکانی خۆر و پێوانی شەبەنگی وزەکەیان، دەکرێ بەشێوەی چۆنایەتی بڕوانینە ناو نزیکترین ئەستێرەکەمان.

هەربۆیە بۆماوەی پێنج ملیارد ساڵ پرۆسە سەرەتاییەکان لەگەڵ ناوکەیەکبوون خەریکی دروستکردنی توخمە قورسترەکان بوون. لەهەندێک لەم ئەستێرانەدا (بەڵام نەک خۆرەکەی خۆمان) ئەم پرۆسە درێژە دەکێشێت و ناوکی توخمەکان تا ئاسن دروست دەبن، کە لە هەموویان هاوسەنگترە (هەرچەند توخمی سەرو ئاسنیش هەن کە دروست دەبن، کە بەشێوەی باو دەگمەنن). لەکۆتایدا ئەم ئەستێرە ناتوانێت بەرگەی کێشەکەی خۆی بگرێت و بەشێوەی کارەساتبار دادەڕمێت. هەڵتەکانە شەپۆل(Shock wave) ەکانی مادە و تیشک بەفەزادا بڵاودەکاتەوە. ئەمە پێی دەگوترێت سۆپەرنۆڤا(Supernova). بۆیە ئەستێرەکان بەهایدرۆجینەوە دەستپێدەکەن و هەموو توخمەکانی خشتەی خولی دروست دەکەن؛ سۆپەرنۆڤا ئەرکدارێکە کە گەردوون بە تۆوی ناوکی مادە کیمیاییەکان پیس دەکات.

هەربۆیە پرسیارێک دێتە گۆڕێ مادەی ئەستێرە سەرەتاییەکان لە کوێوە هاتووە؟

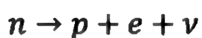
گەردوونی سەرەتایی

پارچە بنچینەییەکانی مادەی ناوکی، کوارکەکان، لەگەڵ ئەلیکترۆنەکان لە بیگبانگەوە دێن. گەردوون بەخێرایی سارد دەبێتەوە و کوارکەکان دەبن بە هێشوو و پرۆتۆن دروست دەکەن. پرۆسەکە بە شێوەی ژێرەوەیە.

$$e(\text{ئەلیکترۆن}) + p(\text{پرۆتۆن}) \Leftrightarrow n(\text{نیوترۆن}) + \nu(\text{نیوترینۆ})$$

تیرئاسـا دوانیـیەکە پیشـان دەدا پرۆسـەکە لە هەردوو ئاڕاسـتەکەدا ڕوودەدا. نیـوترۆن تۆزێـک قورسـترە لەکـۆی پرۆتـۆن و ئەلیکتـرۆن، هەربـۆیە ئاڕاسـتەی سروشـتی بـۆ پرۆسەکە ڕۆیشتنە لە ڕاستەوە بەرەو چەپ: نیوترۆن مەیلێکی سروشـتی بۆچـوون بەرەو بارسـتایی نزمتـر هەیە و وزەی $E = mc^2$ بەرەڵا دەکـات. بەهەرحـاڵ گەرمـای گەردوون کە بڕی جووڵەوزەی ئەلیکترۆن و پرۆتۆنەکان تێیدا بەرچاوە، ئەو بڕە وزەی (mc^2)ی نـاو نیـوترۆن تێدەپەڕێنێت. هەربـۆیە لەم بارودۆخەدا پرۆسەکە دەکرێ بەئاسانی پێچەوانە ببێتەوە و لە چەپەوە بۆ ڕاست بڕوات (واتە ئەلکیترۆن و پرۆتۆن دەگۆڕێن بـۆ نیـوترۆن و نیوترینـۆ) لە ئاڕاستەکەیتریشـدا نیـوترن و نیوترینۆکان دەگەڕێنەوە و دەبنەوە بە ئامۆزا بارگاوییەکانیان. لەوەها بارودۆخێکدا دەڵێین گەردوون لە هاوسەنگی دایە.

بەڵام گەردوون بەخێرایـی سـاردەوە بـوو، کە ئەوکـات دروستبوونی نیوترۆن قورستر بوو. چەند مـایکرۆچرکە دوای ئەوەی سـاردبوونەوەی گەردوون گەیشت بە خـاڵێکی تـایبەتی لەوێـدا کارلێکەکـانی دروسـتبوونی نیـوترۆن بەسـتی. ئەو کاردانەوەی ڕزگاری بوو ئەمە بوو



$$n \rightarrow p + e + \underline{\nu}$$

لەم سـەردەمەدا هەمـوو ئەو نیوترۆنـانەی پێشتر لەگەرمـای سـەرەتاییدا دروسـت ببـوون، مـردن. هەمـوو دە خولەکێـک ژمارەیان دەبوو بە نیوە (لێرەدا دەڵێین " نیوەتەمەن"ەکەی دە خـولەکە). ئیتـر وزەی پێویسـت لەبەردەسـت نەبـوو شـوێنی بگرێتەوە. بەڵام هەموو نیوترۆنەکان بە هۆی بەختی بەرکەوتن لەگەڵ پرۆتۆنەکان نەمردن، بەڵکو لەگەل پرۆتۆن یەکیان گرت و بـوون بە نـاوکی دیـوترۆن (کە بـریتییە لە سیسـتەمێکی داخـراوی تـاک پرۆتـۆن و نیوترۆنێـک و سـوکترە لە کاتێـک نیـوترۆن و پـرۆنەکە بەتەنهـان). لەم قۆنـاغەوە گەردوون

بەگشتی هەر ئەو زنجیرە کارە دەکات کە لە خۆردا ڕوودەدا: دیوترۆنەکان و پرۆتۆنەکان ناوکی هیلیۆم دروست دەکەن. ئەم پرۆسە تاوەکو ئەوکاتەی نیوترۆنەکان دەمرن و بۆ هەمیشە دەسڕێنەوە بەردەوام دەبێت، یان کشانی گەردوون بەڕادەیەک زۆر دەبێت ئیتر هیچ شتێک کارلێک لەگەڵ ئەویتردا ناکات.

یەک مایکرۆچرکە دوای تەقینەوە مەزنەکە هەموو نیوترۆنەکانی دروست بوو لەم کارلێکانە سەربەست بوون. ئەوان بوون بە یەکەم بەبەردبووەکانی گەردوونی سەرەتایی و بەخێرایی بەرز دەجولان و بارستاییەکەیان هەرچەند زۆر بچووکە، بەڵام ڕاکێشانی کێشکردنیی پێویست لەناو کۆمەڵەیەکی زۆردا بەڕادەیەک هەیە پێکەوە کۆببنەوەو ببن بە هێشوو و بەشدار بن لە دروستکردنی گەلەستێرەکاندا. بەپێی هەر ئەتۆمێک کە لە کۆتاییدا فۆرم دەگرێت یەک ملیارد نیوترینۆ بەرهەم دێت. هەربۆیە نیوترینۆکان پڕحەشیمەتترین تەنۆلکەکانی گەردوونن. هەرچەند دەزانین لانیکەم یەکێک لە جۆرەکانی نیوترینۆ بارستایی هەیە، بەڵام هێشتا نازانین گەورەییەکەی چەنێکە، ئەگەر بارستایی نیوترینۆ گەورەتر لە چەند eVبێت، واتە یەک ملیاردەمی پرۆتۆن، ئەوکات نیوترینۆ دەبێت مادەی فەرمانڕەوای هەموو گەردوون بێت. هەربۆیە دیاریکردنی بارستایی نیوترینۆکان دەکرێ بابەتێکی گرنگ بۆ پێشبینی ئایندەی دوورمەودای گەردوون بێت. ئایا بۆ هەمیشە لەکشان بەردوام دەبێت یان بەهۆی کێشی خۆی دادەڕمێت؟ هێشتا لێی دڵنیانین.

گەردوون بەردەوامە لە کشان و ساردبوونەوە. پرەنسیپە فیزیاییەکان کە کشانەکە دیاری دەکەن لە هەندێک لایەنەوە هاوشێوەی ڕەفتاری گازە لە ناو قوتویەکی داخراودا. ئەم نرخە بەندە لەسەر پەستان، کە ئەویش بەندە لەسەر پلەی گەرمی گازەکە و ژمارەی نیوترینۆکانی ناو قەبارەی گازەکە

(واته چڕی). ئەمەش لەخۆیدا بەندە لەسەر ژمارەی جۆرەکانی نیوترینۆ.سێ خولەک دوای بیگبانگ، مادەکانی ناو گەردوون بریتی بوون لە؛ ٧٥% پرۆتۆن، ٢٤% ناوکی هیلیۆم؛ ژمارەیەکی بچووک دیوترۆن؛ ژمارەیەکی کەم لە توخمە سوکەکان و ئەلیکترۆنی سەربەست.

فراوانی هیلیۆم و توخمە سوکەکان بەندە لەسەر نرخی کشانی گەردوون، کە ئەمەش بەنۆبەی خۆی بەندە لەسەر جۆرەکانی نیوترینۆ. ئەگەر سێ جۆر نیوترینۆ هەبێت، بڕی بینراوی هیلیۆم لەگەڵ پێشبینییەکاندا بەتەواوەتی گونجاوە. ئەو ڕاستییەی پێوانی بۆزۆنی Z لە سێرن پیشانیدا کە سێ جۆر نیوترینۆی سوک هەیە، یەکگرتنەوەیەکی بەرچاوە لەنێوان پێوانەکانی فیزیای تەنۆلکەکانە کە بارودۆخی گەردوونی سەرەتایی و ئەوەی گەردوونناسەکان لێی تێگەیشتون دووپات دەکاتەوە.

فراوانی دیوتریۆم بەندە لەسەر مادەی "ئاسایی" لەناو گەردووندا (مەبەستمان لە ئاسایی ئەو مادانەیە لە نیوترۆن و پرۆتۆن دروستبوون، لە بەرامبەردا مادەی سەیروسەمەرەی تر کە تیۆرییسازەکان لەوانەیە خەونی پێوە ببینن، بۆ نموونە بەرزەهاوجێی، بەڵام هێشتا هیچ بەڵگەیەکی ڕاستەوخۆ بۆ سەلماندنیان لەبەردەست نییە، سەیری بەشی ١٠ بکە). ژمارەکان پێمان دەڵێن چڕی مادەی ئاسایی زۆر کەمترە لە کۆی گشتی مادەی گەردوون. ئەمە بەشێکە لە مەتەڵی مادەی تاریک: شتگەلێک هەن کە نادرەوشێنەوە، بەڵام کێشکردنەکەیان دەبێت بەهۆی ڕاکێشانی ئەستێرەو گەلەستێرەکان. وادیارە کە زۆربەی پێکهاتبێت لەمادە سەیروسەمەرەکان(exotic matter)کە هێشتا ناسنامەیان دیار نییە.

نزیکەی ٣٠٠٠٠٠ساڵ دواتر، پلەی گەرمی ناوەندەکە دابەزی بۆ ١٠٠٠٠ پلە، کە نزیک یان ساردترە لە ناوچەی

دەرەوەی خـۆرەکەی ئەمڕۆمـــان. لەم وزەدا، ئەلیکترۆنەکـانی هەڵگری بارگەی نێگەتیڤ لە کۆتاییدا توانیان بەهۆی ڕاکێشـانی بـارگەی پـۆزەتیڤی ناوکەکـان پـێکەوە ئـاوێتە بـبن و ئەتـۆمە بێبارگەکان دروست بکەن. تیشکی کارۆموگناتیسیی ئازاد بوو و گەردوون بەهۆی ڕووناکییەوە کە دەیتوانی بەبێ بەربەست لەپانتایی فەزادا گەشت بکات، ڕوونەوە بوو.

بۆمـاوەی ١٠-١٥ ملیـارد سـاڵە تـاوەکو ئێسـتا گەردوون بەردەوام دەکشێت و سارد دەبێتەوە. تیشکی کارۆموگناتیسیی کە پێشتر گەرم و داخ بوو ئێستا شەبەنگی تەنی ڕەش(black body spectrum) پێکدەهێنێت، بە پلەی گەرمی کاریگەریی نزیکەی ٣ پلەی سـەدی لەسـەرو سفری ڕەهـاوە. دۆزینەوەی ئەمە لەلایەن پنزیـاس(Pezias) و ویلسـن(wilson) نـزیکەی نیو سەدە لەوەو پێش یەکێک بوو لە گرنگترین پشتگیرییەکانی تیۆریی بیگبانگ. لە ئەمڕۆدا پێوانی وردی شـەبەنگەکە بەهـۆی ئامێرەکانی مـانگی دەستکردەوە هەندێک زبری (بەرزونزمی- fluctuation)ی لە مایکرۆشەپۆلە گەردوونییەکان پیشان دەدا. ئەمە ئامـاژەیە بـۆ دروسـتبوونی گەلەسـتێرە سـەرەتاییەکان لە سەرەتای گەردووندا.

بەم شـێوە ئێسـتا تێگەیشـتنێکی باشـی چۆنیەتی و تەنـانەت چەنـدێتیمان سـەبارەت بە توخمەکـانی مـادە لە خـۆم و خۆتـدا هەیە. بەڵام چـــونکە ئەوان لەگەڵ دژەمـــادەدا لە گەردوونـــی سەرەتاییدا دەرکەوتن، هێشتا ئەمە مەتەڵە و ماوەتەوە، هەمـوو دژە مادەکـان چییـان بەسـەر هـات؟ لەسـەرەتای سـەدەی بیستەمەوە یەکێکە لە پرسیارەکان کە هێشتا چاوەڕێی وەڵام دەکات.

بەشی دەیەم

پرسیارەکان بۆ سەدەی بیستویەك

بەرەو کوێـــوە دەچـــین؟ مـــادەی تاریـــک لە گەردوونناسیدا. بۆزۆنی هیگز چییە و بۆچی بەلامانەوە گـرنگە و چـۆن دەکـرێ بیـدۆزینەوە؟ پێـوانی وردی تەنـۆلکە قورسـە سـەیر و سـەمەرەکان. ئایـا ڕەهەنـدی زیـاتر لەوەی کەتـا ئێسـتا پەسـەندمان کـردووە لە ئارادایە؟ ئەوان لەوانەیە چۆن خۆیان لە تاقیکردنەوەدا پیشان بدەن؟ داهاتووی تاودەرەکان. ئایا کۆتاییەک بۆ فیزیای تەنۆلکە وزەبەرزەکان هەیە؟

مادەی تاریك

پرۆتۆنەکـان و نـاوکی ئەتـۆمە ئاسـاییەکان تـۆوی هەمـوو 'مادە ڕوون'(luminous matter)ەکان پێکدەهێنن، کە لە بینینە ئەستێرەناسییەکاندا دەبینـرێن. بەهەرحـاڵ، وەکـو نمـوونەیەک، کە جـووڵەی گەلەستێرە لوولپێچەکان پیشاندەدا کە هێزی کێشکردنی زۆر

لەوە زیاتر لە ئارادایە کە مادە ڕوونەکان دەکرێ دەستەبەری بکەن. زیاتر لە ٩٠%ی مادەی هەبوو هێشتا دەرنەخراوە. ئەمە واتـــای ئەوەیە ئەو گەردوونەی بەهـــۆی تیشـــکدانەوە کارۆموگناتیسـییەکانەوە دەیبینـین، بەهـۆی هەنـدێک "مـادەی تاریـک" (Dark matter)ی نهێنینیـیەوە کێشـەکەی زۆر قورســترە، کە هــیچ درێژەشــەپۆلێکی لە تەلیســکۆپەکانماندا دەرناکەوێت.

ئەگەر " تەنە قورسـە چڕە خەرمانـدارەکان"(MACHOs) هەبن، کە دەکرێ بەنزیکەیی هاوقەبارەی ژوپیتەر بن و بەو ڕادە گەورە نەبـن کە بـبن بە ئەسـتێرە یـان کـونەڕەش، بە دروستکردنی دوو یان چەند وێنە لە ئەستێرە دوورەکان یان گەلەسـتێرەکان، بەڕێـگەی کـاریگەریی هـاوێنەی کێشـکردنی دەکرێ هەسـتیان پێبکرێت. بەهەرحـاڵ ئەم گەڕانـانە بە ڕادەی پێویست جۆریMACHOی نەدۆزیوەتەوە کە پاساو بێت بۆ ئەو بـــڕە مەزنەی مـــادەی تـــاریکی گەردوون. هەربـــۆیە گەردوونتــاس و ئەستێرەناســەکان بـۆ ئایـدیاکانی داهــاتوو ڕوویان کردوەتەوە فیزیای تەنۆلکە.

ئەگەری گرنـگ بـریتییە لەوەی ئەم مـادە تـاریکە دەکـرێ بریتی بێت لە برێکی بەرفراوان لە تەنۆلکە نیمچە ئەتۆمییەکان، کە بەشێوەی کارۆموگناتیسیی کارلێک نـاکەن (ئەگەر وانەبێت دەتوانین تیشکە کارۆموگناتیسییەکانی هەست پێبکەین). یەکێک لە کاندیـدە زەقەکــان نیوترینــۆیە، کە بارســتاییە بچــووک و ناسفرەکەی دەکرێ ببێت بەهۆی ئەوەی هەوری گەورە لەوان بەرەو یەک بچـن و یارمەتیـدەر بـن لە دروسـتکردنی تـۆوی دروستبوونی گەلەستێرەکان.

لە گەردوونـی سـەرەتاییدا، ئەم نیوترۆنـانە وزەیـان یەکجـار زۆر بـوو، بەنزیکەیـی بە خێرایـی ڕوونـاکی دەجـوولان. ئەم

تەنـۆلکە فرێـوانە لەوەهـا بارودۆخێکـدا پێیـان دەگوترێـت داخ(Hot)، و هاوشێوەسـازیی کۆمپیـوتەری پەرەسـەندنی گەلەسـتێرەکان لە گەردوونێکـی مـادەی تـاریکی داخدا، گەلەسـتێرەگەلێک پیشـاندەدا کە بەشـێوەی هیشـووی چـڕ دروسـت دەبـن، کە فەزای بەتـاڵی گەورە لە نێوانیانـدایە. بەهەرحـاڵ ئەم مـودێلە کۆمپیـوتەرییە هاوشـێوەی ئەوە نیـیە ئەستێرەناسەکان بە کردەوە دەیبینن.

ئەگەر مـادەی تاریـک بریتـی بـووایە لە تەنـۆلکەی قورسـی کەم جـووڵە، واتە مـادەی سـارد، پەرەسـەندنی گەلەسـتێرەکان زۆر جیاواز دەبوو. کێشـەیەک کە لێرەدا هەیە بریتییە لەوەی وەهـا بوونگەلێـک لەمـودێلی سـتاندەردا نەناسـراون، کەوابـوو پرسیارێکی تر دێتە ئاراوە، ئەم تەنۆلکانە چین؟

ئەمە دەمانگەیەنێـت بە ئایـدیاکانی ئێسـتامان کە دەکەوێـتە ئەودیوی مودێلی ستاندەرەوە. تیۆرییەکی خۆشەویست هەیە، کە وایـدادەنێ تەنـۆلکەی بەرزەهـاوجێ (Supersymmetry) هەن، سـوکترینەکانیان هەڵگـری فـۆرمگەلێکن کە بەهێـزی کارۆموگناتیسـیی یـان کێشـکردن هەستیار نـین، بەڵام لەوانەیە بارسـتاییەکانیان سـەدانجار گەورەتـر لە پرۆتـۆن بێـت. بەرکەوتنەکان لە تاودەرەکانی تەنۆلکە وزەبەرزەکان بەتـایبەتی لە تیڤاترۆنی تاقیگەی فێرمـی و پێکدادەری گەورەی هایدرۆنی لە سـیرن، لەوانەیە بەڕادەیەک وزەیـان هەبێـت ئەمـانە خەڵـق بکەن. ئەگەر وەها تەنۆلکەیەک بدۆزرێتەوە، ئەوجار تەنگەژەکە لێکـۆڵینەوە لە سـیفەتەکانیەتی بەوردی، بەتـایبەتی تێگەیشـتن لەوەی ئایـا دەکـرێ هیشـووگەلێک لە مـادەی تاریـک لە گەردوونی سەرەتاییدا و لە ئاستی گەورەدا دروست بووبێت؟

کە دەمانگەیەنێـت بەم پرسـیارە:

بەرزەهاوجێی(Supersymmetry) چییە؟

بەرزەهاوجێی

ئەو دژبەیەکییەیی کە چۆن ئەتۆمە بەتاڵەکان مادەی ڕەق دروست دەکەن لە میکانیکی کوانتەمیدا چارەسەرکرا. ئەمە سیفەتێکی قووڵی ئەو ڕاستییەیە کە ئەلیکترۆنەکان(و کوارکەکان، و پرۆتۆنەکان، و نیوترۆنەکان) هەموویان بادراوی(سپین)ێکی زاتییان هەیە، کە بریتییە لە نیوەی برێک کە ناسراوە بە نەگۆڕی پلانک،h. ئەو تەنۆلکانەی سپینەکەیان ½ ە ناسراون بە فێرمیون(ferminon). میکانیکی کوانتەمی پێمان دەڵێت ناکرێ دوو فێرمیون بە هەمان دۆخی جووڵەوە لەیەک شوێندا بن؛ بەزمانێکی تر ئەوان ناکرێ هەمان دۆخی کوانتەمی داگیر بکەن. ئەمە دەبێت بەهۆی ئەوەی ژمارەیەکی زۆر ئەلیکترۆن لەناو ئەتۆمە ئاڵۆزەکاندا دۆخە تایبەتەکان داگیر بکەن و لێرەوەیە چالاکی کیمیایی یان ناچالاکی توخمە جۆراجۆرەکان دەردەکەوێت. هەروەها ڕێگری دەکات لەوەی ئەلیکترۆنێک لە ئەتۆمێکەوە دزە بکات بۆ ئەتۆمێکی تر. ئەمە بنچینەی زۆر لە سیفەتەکانی مادەی بەکۆمەڵە، بۆ نموونە ڕەقی.هێزی نێوان فیرمیونەکان بە ڕێگەی تەنۆلکەکانی فۆتۆن، گلوئۆنەکان و بۆزۆنەکانی W و Z دەگوازرێتەوە. سەرنج بدەنە وشەی بۆزۆن(boson). ئەمە وشەیەکی بنەڕەتییە کە ئاماژە دەکات بەو تەنۆلکانەی کە سپینەکەیان ژمارەیەکی دروستە کەڕەتی کوانتەمی پلانک. هەموو ئەم هێزانە هەڵگری بۆزۆنن، کە سپینەکەیان ١ە. بەپێچەوانەی فێرمیونەکان، کە دووبەدوو یەکتری دووردەخەنەوە، بۆزۆنەکان هەڵگری نزیکبوونەوەن و دۆخی بەکۆمەڵ دروست دەکەن، بۆ نموونەی ئەو دۆخەی بۆ فۆتۆنەکان لە لەیزەردا دەبینرێت.

ئێمە بینیمان کە فێرمیۆنەکان-کوارک و لیپتۆنەکان-یەکانگیرییەکی قووڵ پیشان دەدەن و هەروەها هێزەکە هەڵگری بۆزۆنە. بۆچی تەنۆلکەکانی پێکهێنەری مادە(ئەوەی

بینـراوه) هەموویـان فێرمیـۆنی سـپینی ½ ن و هێزەکـان بە تەنـۆلکەی سـپینی یەکسـان بە ١ دەگـوازرێنەوە؟ ئایـا دەکـرێ هاوجێیەک هەبێت لە نێوان هێزەکان و تەنۆلکەکانی مادە، وەکو ئەوەی فێرمیـۆنە ناسـراوەکان لفـی بـۆزۆنی نوێیـان هەبێـت و بۆزۆنەکانیش لفی فێرمیونیان هەبێت، هەڵبەت بە هێزی نوێوە کە هەڵگرەکـانی فێرمیـون بـن؟ ئایـا دەکـرێ ئەمە پەلکێشـمان بکـات بـۆ یەکـانگیرییەکی زۆر تەواوتـر لەنێـوان تەنـۆلکە و هێزەکـان؟ بەپێـی تیـۆرییەک کە نـاوی نـراوە بەرزەهـاوجێی (supersymmetry)؛ وەڵامەکە بەڵێیە.

لە بەرزەهاوجێیـدا- یـان وەکـو ناسـراوە بە SUSY- هەنـدێک خێزانـی بـۆزۆنی هەن کە دوانەن لەگەڵ کـوارک و لیپتۆنەکـان. ئەم بەرزەکوارکـانە(Superquark) ناسـراون بە Squark.سـوپەر لیپتۆنەکـانیش(Superlepton) ناسـراون بە Slepton. ئەگەر SUSY هاوجێیەکی ورد بێت، هەر جۆرێکی لیپتۆن یان کوارک هەمان بارستاییان دەبێت کە squark یان sleptonی دەستەخوشـــکیان هەیەتـــی؛ بەهاوشـــێوەیی کوارکەکـانی سـەر up و سـوپەرکوارکانی سـەر(sup) یەک کێشـیان دەبێـت و هتـد. لەڕاسـتیدا شـتەکە وەهـا نیـیە. ئەگەر سـوپەر ئەلیکتـرۆن(selectron) هەبێـت، بارسـتاییەکەی زۆر گەورەتـر لە GeV١٠٠ دەبێـت، کە مانـای ئەوەیە سـەدان یـان هەزاران جـار قورسـترە لە ئەلیکتـرۆن. هەمـان شـتیش بـۆ سوپەرلیپتۆن و سوپەرکوارکەکانیش ڕاستە.

دەربڕینێکـی هاوشـێوەش دەکـرێ سـەبارەت بە بەرزە- لفەکانی بۆزۆنە ناسـراوەکانیش بکرێت. لە SUSY دا هەندێک خێزانـی فێرمیـۆن هەن کە دوانەی بـۆزۆنە ناسـراوەکانن. شێوازی ناولێنان بریتییە لە پاشگری ئینۆ(ino) بۆ نیشـاندانی لـفە بەرزەفێرمیونی بۆزۆنـۆێکی سـتاندەرە. هەربـۆیە دەبن بە فۆتینـۆ(photino) گلوینـۆ(gluino)، زینـۆ(zino) و وینـۆ

(wino). گراڤیتـۆنی گریمـانەکراویش، کە هەڵگـری هێـزی کێشکردنە، پێشبینی دەکرێت لفێکی هەبێت بەناوی گراڤیتینۆ(Gravitino). لێـرەدا دووبـارە بەرزەهـاوجێیەکی تەواو لە ئارادایە، فۆتینۆ، گلوینۆ و گراڤیتینۆ دەبێت بێ بارستایی بن، هەر وەکـو دەسـتە خوشـکەکانیان واتە فۆتـۆن، گلۆئـۆن و گراڤیتیـۆن؛ وینـۆ و زینـو بارسـتاییەکەیان ٨٠ و ٩٠ GeV ە، هەروەکو W و Z. بەڵام وەکو لەسـەرەوە باسمانکرد لێرەشدا ئینۆکان بارستاییەکەیان زۆر لە لفە باوەکەیان گەورەترە.

quark	q ;	squark	$\tilde{q}$
leptons	l ;	sleptons	$\tilde{l}$
electron	e ;	selectron	$\tilde{e}$
neutrino	v ;	sneutrino	$\tilde{v}$
photon	γ ;	photino	$\tilde{\gamma}$
gluon	g ;	gluino	$\tilde{g}$
Wboson	W ;	Wino	$\tilde{W}$
Zboson	Z ;	Zino	$\tilde{Z}$
Higgs Boson	H ;	Higgsino	$\tilde{H}$

Some particles and their super-partners
هەندێک لە تەنۆلکەکان و لفە بەرزەکانیان

وێـنەی ٣١.هـاوجێی *SUSY* تەنۆلکەکـان: نیوترینۆکـان و لەرینەوەکان گاڵتە و نوکتەی ستاندەر و لاواز ئەوەیە کە ئایا دەکرێ بەرزەهاوجێی راست بێت، چونکە ئێمە پێشتر نیوەیمان دۆزیوەتەوە. با بەشێوازێکی تر قسە بکەین: ئێمە هێشتا بەڵگەی روونمان بۆ تاک بەرزەکوارک یان بەرزەلیپتۆن نەدۆزیوەتەوە، هەروەها بۆ فۆتینۆ، گلوینۆ، وینۆ، یـان زینـۆ. گەڕان بەدوای ئەواندا لە ئێستا لە هەرە بەربژێرەکانە.

لەگەڵ بـوونی ئەم بەڵـگە کەمە لەسـەر سـوپەرتەنۆلکەکان، لەوانەیە سـەرت سـورڕبمێنێ بـۆچی تیۆریسـازەکان دەبێـت بڕوایـان بە SUSY هەبێـت. وادیـارە کە ئەم هـاوجێییە، بەسـەرنجدان بەسروشـتی تیـۆریی ڕێژەیـی ئاینشـتاین و سروشـتی تیـۆریی کـوانتەم، لانـیکەم بەشـێوەی بیرکـاری زۆر سروشـتی دیـارە. شـێوازی بەرهەمهاتوو بۆ بەرزەتەنۆلکەکـان ئامـانجەکەی ئەوەیە هەنـدێک کێشـەی تەکنیکـی لە داڕشـتەی ئێسـتای فیزیـای تەنـۆلکە چارەسـەر بکـات، و تیـۆرییە کوانتەمییەکان بۆ ڕەفتاری هێزەجیاوازەکان لە وزەی بەرزدا و وەلامدانەوەی تەنۆلکەکان بەم هێزانە جێگیر بکات. بەکورتی، بەبێ SUSY هەوڵە تایبەتەکان بۆ بنیادنانی تیۆریی یەکانگیر دەگـات بەئەنجـامی بێسـوود، بـۆ نمـوونە هەنـدێک ڕووداوی دیـاریکراو دەکـرێ بە ئەگەری بێکۆتـایی ڕووبـدەن. لەگەڵ ئەوشـدا زبـری یـان بەرزونزمـی کـوانتەمی(fluctuation)، شـوێنێک کە تەنۆلکە و دژەتەنۆلکەکـان پێشئەوەی ون ببـنەوە دەکـرێ لە بۆشـایی بێـنە دەرەوە، دەکـرێ بەتەنۆلکەکـانی SUSY کە بە مینو(menu) ناسراون هەستیان پێبکرێت. بەبێ SUSY هەنـدێک لە هەژماردکردنەکـان بێمانـا دەبـن، وەکـو ئەگەریـی بـوونی ناکۆتـا کە لەسـەرەوە ئاماژەمـان پێکـرد؛ بە بەشـداری SUSY ئەنجامەکـان زۆر هەسـتەکی تـر دەردەکەوێت. ئەو ڕاسـتییەیی کە ئەنجـامە بێماناکـان کاتێـک SUSY کاردەکـات نـامێنن، ئەو ئومێـدە دروسـت دەکـات کە SUSY بەڕاستی لە داڕشتەی سروشتدا بەشدارە. ڕزگاربوون لە شتە بێماناکان هەڵبەت پێویستە، بەلام هێشتا نازانین ئایا ئەنجامە ماناداره‌کان لەگەڵ ڕەفتاری سروشتدا یەک شتە یان نـا. هەربـۆیە لە ئێسـتا لە باشـترین بارودۆخـدا ئامـاژەی

ناڕاستەوخۆی SUSY یمان هەیە، کە لەپشتەوە لەکاردان.
تەنگەژەی سەرەکی لە تاقیکردنەوەکاندایە کە بوونی تەنۆلکەکانی SUSY دەسەلمێنن و تواناییمان دەداتێ بەوردەکارییەوە لە دەرکەوتنیان تێبگەین و لێکۆڵینەوە لە سیفەتەکانیان بکەین.
بەرزەهاوجێی(SUSY) لانیکەم لەوانەیە بەرپرس بێت لە بڕێک لە مادەی تاریک کە وادیارە مادەی زاڵە لەسەر گەردوون. لە جووڵەی گەلەستێرە و پێوانەکانی ترەوە لەسەر گەردوون، واهەڵێنجێنراوە کە پێکهاتەی گەردوون تا ٩٠% دەبێت مادەی تاریک بێت، تاریک لێرەدا بەمانای ئەوەیە نادرەوشێتەوە، لەوانەیە بەهۆکاری ئەوە بێت هێزی کارۆموگناتیسی کاریگەریی لەسەری نییە. لە SUSY دا سوکترین بەرزەتەنۆلکەکان بێبارگەن، وەکو فۆتینۆ، یان گلوینۆ، بڵێی ئەوان میتاهاوسەنگن (کەم هاوسەنگ- Metastable). بەم شێوە دەکرێ ئەوان بەهۆی کاریگەریی کێشی دووبەدووەوە هێشووگەلێک لە ئاستی گەورەدا دروست بکەن، هاوشێوەی ئەوەی چۆن ئەستێرە باوەکان لەسەرەتادا دروستبوون. بەهەرحاڵ، لە کاتێکدا ئەستێرەکان کە لە مادەی ئاسایی دروستبوون، هەست بە هەر چوار هێزەکە دەکەن و دەکرێ بەپێی پرۆسەی ناوکەیەکبوون ڕووناکی بدەنەوە، ئینۆ بەرزەهاوجێیە بێبارگەکان ئەو کارە ناکەن. ئەگەر تەنۆلکەکانی SUSYبدۆزرێتەوە، سەرنجڕاکێش دەبێت، کە تێبگەین ئایا تەنۆلکە بێبارگەکان بەڕاستی سوکترینین و ئەو سیفەتانەیان هەیە؟ ئەگەر ئاوابوو، دەبێت بە جوانترین نزیکبوونەوە لە نێوان بواری فیزیای تەنۆلکەی وزە بەرزەکان و گەردوون بە گەورەیی.

نیوترینۆ بارستایی دارەکان

لە مودێلی ستاندەردا، وادانراوە نیوترینۆکان بێ بارستایین. هۆکارەکەی ئەوەیە تا ئێستا کەس نەیتوانیوە بڕێک بۆ هەر بارستاییەک بپێوێت کە بڕەکەی هێندە بچووک بێت کە بەباشی بە سفر دابنرێت. بەهەرحاڵ، هیچ پرەنسیپێکی بنچینەیی لە ئارادا نییە کە پێویست بکات نیوترینۆکان بێ بارستایی بن. بەڕاستی دەزانین نیوترینۆ بارستایی هەیە، هەرچەند بە بەراورد بە بارستایی ئەلیکترۆن زۆر بچووکە، بەڵام سفر نییە.

سێ جۆر نیوترینۆی جیاواز هەن، نیوترینۆی ئەلیکترۆن، نیوترینۆی موئۆن و نیوترینۆی تاو، ناوەکانیان دەگەڕێتەوە بۆ خزمە تەنۆلکە بارگاوییەکانیان کە پێکەوە دروست دەبن و ناوەکانیان هاوبەشە. من پێمباشترە بەڕێز ناویان بنێم نیوئی(nu-e)، نیومو(nu-mu)، نیوتاو(nu-tau). کارلێکەکانی ناوکە یەکبوون لەناخی خۆردا نیوترۆنەکان لە جۆری نیوئی دەردەکەون.

لە میکانیکی کوانتەمیدا، تەنۆلکەکان کەسیەتی شێوە شەپۆلیان هەیە. چۆن لەرینەوەکانی بواری کارۆموگناتیسیی دەکرێ بە تەنۆلکە پیشان بدرێن-فۆتۆنەکان- هەر بەو شێوەش تەنۆلکەکانی هاوشێوەی نیوترینۆش کاتێک بەناو فەزادا دەجوولێن لەرینەوەی شێوەشەپۆلین. لەڕاستیدا شەپۆلێکە بەگۆڕانی ئەگەرەوە. ئەوەی کە بە (نیوئی) دەیناسین و لەکاتی گەشتدا و دوورکەوتنەوە لە سەرچاوەکە ئەگەرەکەی لە (نیوئی) ەوە دەگۆڕێت بۆ (نیومو) یان(نیوتاو). بەهەرحاڵ، بۆ ڕودانی ئەم ڕووداوانە، نیوترینۆکان دەبێت بارستایی جیاوازیان هەبێت، کە مانای ئەوەیە ناکرێت هەموویان بێبارستایی بن.

لەماوەی چەندین دەیەدا، توندی (نیوئی)یە گەیشتووەکانیان لە خۆرەوە پێوا. بەسەرنجدان بە مەعریفەی ئێمە سەبارەت بەکارکردنی خۆر، دەکرێ ژمارەی (نیوئی)یە بەرهەمهاتووەکان هەژمارد بکەین و هەر بەم شێوە توونديان لەکاتی گەیشتن بەزەوی ڕوون دەبێتەوە. بەهەرحاڵ، کاتێک پێوانەکە کرا، دەرکەوت (نیوئی)یە دۆزراوەکان لەسەر زەوی بە فاکتەری ٢ بۆ ٣ بچووکترە لەوەی چاوەڕێ دەکرێت. ئەمە یەکەم ئاماژەیە بەوەی (نیوئی)یەکان لەوانەیە بارستاييان هەبێت و لەڕێچکەکەدا دەگۆڕێن بە جۆرەکانی تری نیوترینۆ. ناڕێکوپێکی هاوشێوە لە تێکەڵەی (نیوئی) و (نیومو) کاتێک تیشکە گەردوونییەکان دەکەون لە ئەتۆمەکانی سەرەوەی بەرگەهەوای زەوی دروست دەبن و بینراشن. زنجیرەیەک تاقیکردنەوەی تايبەتی لەکۆتايی سەدەی بیستەم پیشانیدا کە نیوترینۆکان بەڕاستی بارستاییان هەیە و لەکاتی فڕیندا لەنێوان ئەم و ئەویاندا لەرینەوە دەکات.

کەسێک لە ڕوانگەی نیوترینۆ؛ لە سوودبوری(ئۆنتاریۆ)-SNO – the Sudbury (Ontario) Neutrino Observatory- توانی نەتەنها (نیوئی)یەکە، کە لە خۆرەوە دێن دەربخات (کە پیشاندەری چاوەڕوانییەکەیە) بەڵکو توانیشی ژمارەی گشتی هەموو جۆرەکانیش تۆمار بکات (کە پێشبینییەکانی دەسەلماند). ئەمە پیشانیدا کە بەڕاستی (نیوئی) گۆڕاوە، بەڵام بەتەنهایی نەیدەتوانی دیاری بکات بەکام جۆر گۆڕاوە.

هەربۆیە تاقیکردنەوە دوورودرێژەکان دەستی پێکردووە. لە تاودەرەکانی وەکو تاقیگەی فێرمی، سێرن یان تاقیگەی(KEK) لە ژاپۆن، گورزە کۆنترۆڵکراوەکانی نیوترینۆ دروستکراون. وزە، توندی و پێکهاتەی گورزەکانی نیوترینۆ (بەزۆری نیومو)

لەسەرچاوەوە، چاودێری دەکرێت؛ بەژێر زەویدا ئاڕاستە دەکرێن و چەندسەد کیلۆمەتر دورتر دەردەخرێن. بە بەراوردی ئاوێتەی گورزەی گەیشتوو لەگەڵ ئەوەی کە هەیە، دیاری دەکرێت چ جۆر تامێک دەلەرێتەوە بۆ جۆرێکی تر و چەنێ بەخێرایی ئەو کارە دەکات. لێرەوە دەکرێ بارستاییە ڕێژەییەکەیان هەژمارد بکرێت (بەزمانی تەکنیکی، ئەوەی دیاری دەکرێت دووجای بارستاییەکەیانە).

لەماوەی دە ساڵی یەکەمی سەدەی ٢١ دا، پێشبینی دەکرێ لە ئەنجامی تاقیکردنەوەکانەوە زانیاریی زۆرتر سەبارەت بە مەتەڵی نیوترینۆکان بدۆزرێتەوە. دیاریکردنی شێوازی بارستاییەکەیان هەندێک لە پارامیتەرەکانی مودێلی ستاندەر دیاری دەکات. ئێمە نازانین بڕی بارستایی کوارکەکان و پرۆتۆنەکان بۆچی دەبێت ئەوەندە بێت. بوونی ئەم بڕانە بۆ ژیانی ئێمە حەیاتییە، هەر بۆیە تێگەیشتن لەمە دەکرێ سەرکەوتنێکی مەزن بێت. دیاریکردنی بارستایی نیوترینۆ دەکرێ سەرەداوێکی گرنگی ئەم مەتەڵە بێت.

بارستایی ئەم نیوترینۆیانە هەروەها دەکرێ کاریگەریی لەسەر گەردووناسی دابنێت. نیوترینۆ بارستاییدارەکان دەکرێ لە تۆوی سەرەتایی دروستبوونی گەلەستێرەکان ڕۆڵیان بگێڕن؛ ئەوان دەکرێ لەڕوونکردنەوەی مادەی تاریک ڕۆڵیان هەبێت و هێشتا مەتەڵێکی چارەسەرنەکراو ماوە، بۆچی کارلێکی لاواز پاریتی(parity) پێشێل دەکات، کە مەبەست هاوجێی لە ئاوێنەدایە. نیوترینۆکان مادەیەکی تایبەتییە بۆ پشکنینی کارلێکی لاواز، هەربۆیە لێکۆڵینەوەی زیاتر لەسەر ئەوان لەوانەیە بگات بەدۆزینەوەی چاوەڕواننەکراو.

دیاریکردنی بڕی بارستایی نیوترینۆ یەکێکە لە گرنگترین تەنگەژەکان کە لە ئێستادا فیزیاییەکانی تەنۆلکە کاری تێدا

دەکەن. ئەمە دەمانگەیەنێت بە پرسی زۆر گەورەتر: سروشتی خودی بارستایی چییە؟

بارستایی

هێــزی کــارۆلاواز (electroweak force) بەهــۆی تەنــۆلکەی ئاشــنای فۆتــۆنی کارۆموگناتیســی و بەهــۆی بۆزۆنەکــانی W و Zوە کە وەلامــی کــارلێکی لاواز دەدەنەوە دەگـوازرێتەوە، کە نەتەنهـا سـوتانی خـۆر دەسـتەبەر دەکـات بەڵکو لەپشـت جۆرە تایبەتەکانی ڕادیۆئاکتیڤیتیشـەوەیە. باشـە ئەگەر ئەمــانە هێنــدە پــێکەوە گرێــدراون، بــۆچی لە ژیــانی ڕۆژانەدا، کە تاڕادەیەک وزەو پلەی گەرمی نزمە هێندە جیاواز دەردەکەون؟ یەکێـــک لە هۆکارەکـــانی بـــریتییە لەوەی ئەو تەنۆلکەی هێزی کارۆموگناتیسیی دەگوازێتەوە بێبارسـتاییە، لە کاتێکـــدا W و Zکە پەیوەنـــدییان بە هێـــزی لاوازەوە هەیە بارسـتاییەکەیان زۆر گەورەیە و کێشـەکەیان لەئاسـتی کێشـی ئەتۆمی زیوە(Silver).

مـودێلی سـتاندەر بـۆ تەنـۆلکە بنەڕەتییەکـان و ئەو هێزانەی کە لەناویانـدا کـاردەکەن، شـرۆڤەی بارسـتایی بەوە دەکـات کە هۆکـارەکەی بـوارێکی نـوێیە، بەنـاوی بـواری هیگـز(Higgs Field)، کە بەناوی پیتەر هیگزەوە نـاونراوە کەسـێک لە سـاڵی ١٩٦٤دا یەکێک بوو لەو کەسانەی بەشێوەی تیۆریی پێشـنیازی وەهـا گریمـانەیەکی کرد. بـواری هیگـز دزە دەکـاتە نـاو هەمـوو شــوێنێکی فەزا. بەپێــی تیــۆرییەکە ئەگەر بــواری هیگــز نەبێــت، تەنۆلکەکان بارسـتاییان نابێـت. ئەوەی ئێمە بەنـاوی بارسـتایی دەیناسـین تـاڕادەیەک بەهـۆی کـارلێکی نێـوان تەنۆلکەکـان و بواری هیگزەوەیە. فۆتۆن کارلێک لەگەڵ بواری هیگز ناکات و بـــێ بارســـتاییە؛ بۆزۆنەکـــانی W و Zکارلێـــک دەکەن و

بارستاییەکانیان وەردەگرن. خشتە دروستکەرەکانی مادە، کوارکەکان و لیپتۆنەکان وادادەنرێ لەگەڵ بواری هیگز کارلێک دەکەن، بۆیە بارستاییان هەیە.

ڕێک چۆن بوارەکانی کارۆموگناتیسی بوخچە کوانتەمییەکان بەرهەم دەهێنن کە ئێمە پێیان دەڵێین فۆتۆن، دەبێت بواری هیگزیش بە بۆزۆنگەلێک خۆی دەربخات. لە تیۆرییە سەرچاوەییەکەی هیگز تەنها یەک جۆر لە بۆزۆنی هیگز هەیە، بەڵام ئەگەر بەرزەهاوجێی ڕاست بێت، دەبێت خێزانێک لەم تەنۆلکانە هەبێت.



وێنەی ۳۲.پیتەر هیگز لەگەڵ ڕوونکردنەوەیەک سەبارەت بە تیۆرییەکەی لەسەر تەختەڕەشەکەی پشتەوەی.

پێوانە وردە ئەنجامدراوەکان لە LEP و تاودەرەکانی تر، کاتێک لەگەڵ بیرکاریی تیۆریی کوانتەم و مۆدێلی ستاندەر یەکدەگرێت توانایی دەدا بە تیۆرییسازەکان تاوەکو ئەو وزانە دیاری بکەن کە لەودا بۆزۆنی هیگز- یان هەرشتێک کە دەبێت

بەهـــۆی دروســـــتبوونی بارســـــتایی- دەربکەوێـــت. ئەم هەژماردکردنانە پیشاندەدا کە ســەرچاوەکانی بارستایی، تەنها یەک میلیـۆنم لە یەک میلیـۆنمی چـرکە دوای تەقیـنەوە کاتێـک پـلەی گەرمـی دادەبەزێـت بـۆ دەهەزار میلیـۆن میلیـۆن پـلەی سەدی لە بونیادی گەردووندا بەستویەتی. ئەو ئەگەرە هەیە کە بەرکەوتنـی پرۆتـۆن و دژەپرۆتـۆن لە تـاقیگەی فێرمـی کە بەرزکراوەتەوە بۆ تیڤاترۆن، یەکەم نیشـانەکانی بۆزۆنی هیگز دەربکەوێت. بەهەرحاڵ بۆ پشکنینی تایبەت لەم ناوچەی وزەدا، شـــوێنێک کە دەبێـت بارســـتایی دەربکەوێـت، پێویســـتی بە پێکـدادەری گەورەی هـــادرۆنی LHC لە ســـێرن هەیە کە لە ساڵی ٢٠٠٧وە بە وزەی بەرزەوە لەبەردەست دەبێت.

پلازمای کوارك -گلۆئۆن

ئەگەر وێنەکەمـان سـەبارەت بە سـەرچاوەی مـادە ڕاسـت بێـت، کوارکەکـان و گلوئۆنەکـان کە لە گەردوونـی سـاردی ئەمـڕۆدا لەنـاو پرۆتـۆن و نیوترۆنەکانـدا حەپسـن، لە گەرمـای تەقیـــنەوە بەڕادەیەک داخ و گەرم بـــوون نەدەکـــرا پـــێکەوە بنوسێن. لە جیاتی ئەوان لەناو شلەیەکی پرووزەی چڕدا بوون کە ناسراوە بە پلازمای گلوئون- کوارک یان بەکورتی QGP.

ئەم ڕەوە تـێکەڵ بـووەی کـوارک و گلوئـۆن، هاوشـێوەی دۆخـی بەناوبـانگی پلازمـان، وەکـو ئەوەی لەنـاخی خـۆردا لە ئارادایە، کە بریتییە لە گازە سەربەخۆ لەیەکترەکانی ئەلیکترۆن و ناوکە پرووزەکان کە پێکەوە دەنوسێن بۆ ئەوەی ئەتۆمی بێ بارگە دروست بکەن.

فیزیاییەکـان لە هەوڵـدان بە تێکشـاندنی نـاوکە ئەتـۆمییە گەورەکـان بە جـۆرێتر، بەوەهـا وزەیەکـی بەرز کە پرۆتـۆن و نیوترۆنەکـان پـێکەوە بنوسـێن بەو ئومێـدەی بتـوانن QGP

بەرهەم بهێنن. ئومێد هەیە کە ناوکەکان بتوێنەوە- بەواتایەکی تر کوارک و گلۆئۆنەکان لەجیاتی ئەوەی بەناو ناوکدا بجووڵێن لەناو تاک نیوترۆن و پرۆتۆنەکاندا دەبەستن.

لە سێڕندا گورزەکانی ناوکی قورس بەرەو توخمە قورسە وەستاوە بە ئامانجگیراوەکان دەنێردرێن. لە تاقیگەی نیشتیمانی برۆکهاڤێن لە ئەمریکا پێکدادەری قورسی ڕێژەیی ئایۆنەکان(RHIC) بنیادنراوە کە تێیدا گورزە قورسەکانی ناوک بەیەکدا دەکێشرێن. هەر وەکو چۆن بۆ تەنۆلکەی سادەتری وەکو ئەلیکترۆن و پرۆتۆن ڕوودەدا، باشییە گەورەکەی مەشینی گورزە بەیەکدا کێشراوەکان ئەوەیە هەموو وزەی دەستکەتوو لەتاودانی تەنۆلکەکان بەرەو بەرکەوتنەکە دەچێت. لە ساڵی ٢٠٠٧دا، لەو وزەدا LHC لە سێڕن شوێنی RHIC دەگرێتەوە کە ئایۆنەکان بە وزەی TeV١٣٠٠ بەیەکدا دەکێشێت. ئەم وزە نزیکە لەو وزەی لە گەردووندا کاتێک تەمەنی یەک تریلیۆنمی چرکە بوو باو بووە، کەتێیداQGP ئاسایی بووە، بەشێویەک تاقیگەکاران دەتوانن بە وردی لێکۆڵینەوە لە تایبەتمەندییەکانی بکەن.

دژەمادە و CP

وادیارە ئێمە لە قەبارەیەکی مادیدا دەژین کە لانیکەم ١٢٠ ملیۆن ساڵی ڕووناکی تیرەکەیەتی. بەند لەسەر جیاوازی ڕەفتاری ورد لەئاستی تەنۆلکە بنچینەییەکان لە نێوان مادە و دژەمادەدا (بەشێوەی تەکنیکی ناسراوە بە شکانی هاوجێی CP)، زۆربەی فیزیاییەکان ئەو ئایدیا کە لە نێوان مادە و دژەمادەدا لە ئاستی گەورەدا ناهاوجێی(asymmetry) ورد هەیە. زۆر زوو دوای تەقینەوە مەزنەکە ئەم هاوتاییە لە سوودی ئەو مادەی ئێستا فەرمانڕەوایە لەسەر گەردوون

تێکچوو. تەنگەژەی ئێستا لێکۆڵینەوەی وردی ئەم جیاوازیانەیە بەمەبەستی دیاریکردنی سەرچاوەکانیان و لەوانەشە سەرچاوەی ناهاوجێییەکەی نێوان مادە و دژەمادە بێت لە گەردووندا.

کائۆنەکان(Kaon) پێکهاتوون لە کوارکیک و دژەکوارکێک. کائۆنی بێبارگە(K^0) پێکهاتووە لە کوارکی خوار(down) و دژەکوارکێکی سەمەرە(Strange).تەنۆلکەکانی $\underline{K}^0$ و K^0 تەنۆلکەی جیاوازن، بەڵام ئەوان بەرێگەی هێزی لاواز لەگەڵ یەکتردا پەیوەندی نزیکیان هەیە، کە بە سەرسوورمانە، بەرێگەی کارلێکی کوارک و دژەکوارکەوە K^0دەگۆڕێت بە $\underline{K}^0$ و بە پێچەوانەوە. ئەم کاریگەرییە واتای ئەوەیە هەرکاتێک کائۆنێکی بێبارگە یان دژە کائۆنێکی بارگەدار دروستبوو هەندێک تێکەڵکردنی میکانیکی کوانتەمیانە ڕوودەدا.

ئەم تێکەڵە نێوانگرییانە ناسراون بە KS (لێرەدا S بۆ کورت)و KL(لێرەدا L بۆ درێژ بەکاردێت) Kی درێژ ٦٠٠ جار زیاتر لە Kی کورت دەژی. سیفەتی گرنگ ئەوەیە کە دۆخەکان KL و KS لە ئاوێنە ئاوێتەییەکانی CP دا کرداریان جیاوازە. بەرێگەی جیاواز دوو دۆخەکە هەڵدەوەشن K ی کورت دەبێت بە دوو پایۆن، و Kی درێژ دەبێت بە سێ پایۆن. ئەگەر هاوجێی CP تەواو بێت، ئەم شێوازی هەڵوەشاندنەوە هەمیشە ڕاست دەبێت. بۆ نموونە Kی درێژ هەرگیز بۆ دوو پایۆن هەڵناوەشێت. بەهەرحاڵ، هەروەکو کرۆنین(Cronin) و فیچ(Fitch) و هاوکارەکانیان بۆ یەکەمجار بینیان، بەنزیکەیی ٠.٢%ی نموونەکانی KL هەڵدەوەشن بۆ دوو پایۆن.

پرسیارێک کە ئێستا دێتە ناو زیهنی ژمارەیەکی زۆر لە فیزیاییەکان بریتییە لەوەی، ئایا ئەمە ڕێکەوتە کە سێ نەوە لەو شتانە بوونە بەمادەی فەرمانڕەوا لەسەر زەوی. تیۆرییەکە

پێشنیاز دەکات کە پێشێلکردنی CP دەبێت کاریگەریی گەورەی لەسەر نموونەکانی وەکو مێزۆنی B هەبێت، کە هاوشێوەی کائۆنن، بەڵام کوارکی سەمەرە شوێنەکەی کوارکی بن(bottom) گرتوویەتەوە. سیستەمی مێزۆنی B ئێستا بابەتی توێژینەوەی زۆر چڕە و یەکەم نیشانەکانی هاوجێی مەزن باسکراوە. LHC ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی "بن" بەرهەم دەهێنێت و لێکۆڵینەوە لە ناهاوجێی CP دەبێت بە بەشێکی گەورەی بەرنامەکەی ئەوێ. بۆ ئەو مەبەستە تاقیکردنەوەیەک بەناوی LHCb تایبەتکراوە.

هەندێک پرسیار بۆ داهاتوو

ئێستا بەڕاستی شتەکان سەیرو سەمەرەن. بەپێی دوایین تیۆرییەکان، سێ ڕەهەندە فەزاییەکە و کات تەنها بەشێکە لە گەردوونێکی زۆر قووڵتر. هەندێک ڕەهەند هەیە کە لەودیوی تێگەیشتنی ئێمەوەیە، بەڵام دەکرێ لە تاقیکردنەوەکانی وزەی بەرز لە سێرن دەربخرێت.

بۆ تێگەیشتن لەمە تەسەوری گەردوونێک بکە کە دانیشتوانەکەی تەنها لە دوو ڕەهەند تێدەگەین، ئێمە ئاگاییمان زیاترەو لە سێ تێدەگەین. هەر بۆیە دەکرێ تەسەوری دوو ڕووبەری تەخت بکەین کە بۆ نموونە بە مەودای دوو میلی مەتر لەیەکتری جیاکراونەتەوە. کاریگەرییەکانی هێزەکان دەکرێ لە کەلەبەرەکەوە دزە بکاتە دەرەوە، بەڵام بوونەوەرە دوو ڕەهەندییەکان لەمە تێناگەن. ئەوان لەوەی دەمێنێتەوە تێدەگەن کە بە بەراورد بە کاریگەرییە سنووردارەکانی ڕووبەری تەخت کە ئەزموونی دەکەن بچووک دەبێت.

ئێستا تەسەوری بکە وەکو ئەو بوونەوەرە تەختانە بین لە گەردوونێکدا کە ڕەهەندەکانی بەرزترە. ئایدیاکە بریتییە لەوەی

که کێشکردن بۆ ئێمە لاوازتر دەردەکەوێت، چونکە ئەمە کاریگەرییەکانی هێزەکانی ترە، کە دزە دەکاتە ناو ڕەهەندە بەرزترەکانی گەردوونەکەمان. هەربۆیە کاتێک هەست بە کێشکردن دەکەین، لەڕاستیدا کاریگەریی هێزە یەکانگیرەکانی ترە کە دزەیان کردووەتەوە ناو ڕەهەندی بەرزتر و هەستی پێدەکەین و هەندێک پاشماوە بۆ ئەنجامدانی کارێک بەجێدەهێڵن. تەنانەت دەکرێ تەسەوری جووڵەی هەندێک تەنۆلکە بکرێت کە لە ڕەهەندەکانی بوونەوەرە تەختەکەوە دەچنە ڕەهەندی بەرزتر و لە ڕاستیدا هەروەکو دەزانین لە گەردوونەکە ون دەبن.

هەربۆیە لە تاقیکردنەوە نوێیەکان لە LHCـای سێرن، فیزیاییەکان دەبێت بگەڕێن بۆ نیشانەکانی ئەو تەنۆلکانەی کە لە پڕ دەردەکەون و دەسڕێنەوە. ئەگەر وەها دیاردەیەک بەشێوەی ڕێکوپێک ڕووبدات، ئەمە دەکرێ بەڵگە بێت، کە ئێمەش بەڕاستی وەکو بوونەوەرە تەختەکانین و ڕەهەندگەلێک زیاتر لە سێ ڕەهەندی فەزایی و ڕەهەندێکی کات، کە لە ئێستا ئەزموونی دەکەین، لەودیوی سروشتدا هەیە.

ئێمە گەیشتوین بە خاڵێک کە جیاکردنەوەی هەقیقەتی زانستی ڕاستی لە زانستی خەیاڵی قورسە. بەڵام سەدەیەک لەوەوپێش هەموو ئەو شتانەی کە لە ئیمڕۆدا بە ئاسایی دەیبینین لەو دیوی تەسەوری والس(H. G. Wells)دا بوو. سەد ساڵی تر لە کتێبەکانی زانستدا شتگەلێک دەبینی کە هێشتا خەونیشی پێوە نەبینراوە.

پەنجا ساڵ لەوەو پێش کتێبێکم دەخوێندەوە، کە باسی شتە سەیرو سەمەرەکانی ئەتۆم لەکاتی دەرخستنیدا و تەنۆلکە سەمەرەکانی ناو تیشکی گەردوونی دەکرد، منیش ئەمڕۆ سەبارەت بەمانە بۆ ئێوە دەنووسم. لەوانەیە نیوسەدەی تر تۆ ئەم چیرۆکە نوێ بکەیتەوە. سەرکەوتوو بیت.

خوێندنەوەی زیاتر

ئەم پێشـــنیازەی ژێـــرەوە، کە بـــۆ خوێنـــدنەوەی زیـــاترە، ئامـانجی ئەوە نییە هەمـوو ئەدەبیـاتی فیزیـای تەنـۆلکە لەخـۆی بگرێت. ئەم بەشە هەڵگری هەندێک لە بەرهەمە کلاسـیکییەکانە، کە ئیتـر چـاپ نـاکرێنەوە، بەڵام دەکـرێ لە ڕێـگەی کتێبخـانە باشـەکان یـان کتێبفرۆشـییە دەسـتەدووەمەکان یـان بەڕێـگەی ئینتەرنێـت (وەکـو www.abebooks.com) دەسـتت پێـی ڕابگات.

(هیچکام لەم کتێبانە نەکراون بە کـوردی، خوێنەری ئـازیز بـۆ خوێندنەوەی زیـاتر سـەبارەت بەفیزیـای تەنـۆلکە دەتـوانێ بگەڕێـتەوە بـۆ کتێبەکـانی سـتیڤن هۆوکینـگ کە کـراون بە کـوردی. خـوێنەر سـەبارەت بە دۆزینـەوەی بـۆزۆنی هیگـز کە لەم کتێبەدا زۆرجار ئاماژەی پێدەکرێت دەتوانێ سەیری کتێبی ئاسمان و ڕێسمان لە نووسینی وەرگێڕ بکات)

١. ڕاپۆرتێک سەبارەت بەفیزیای تەنۆلکە لە سەدەی بیستەم، بۆ خوێنەری گشتی.

Frank Close, The Cosmic Onion: Quarks and the Nature of the Universe, Heinemann Educational, 1983

٢.ســـەرەتایەکی ســـەرنجڕاکێش بـــۆ واتـــای ناهـــاوجێی لە دژەمادەدا و لایەنەکانی ئێستاو داهاتووی فیزیای تەنۆلکە.

Frank Close, Lucifer's Legacy ,Oxford University Press, 2000

٣.گەشتێکی بە باشی شرۆڤەکراو بۆ خوێنەری گشتی، بەناو فیزیای ناوکی و تەنۆلکەدا لە سەدەی بیستەم لەگەڵ وێنەی ڕێچکەی تەنۆلکەکان، تاقیکردنەوەکان و زاناکان.
Frank Close, Michael Marten, and Christine Sutton, The Particle Odyssey، Oxford University Press, 2003
٤.پێشکەوتنەکانی فیزیای تەنۆلکە لە سەدەی بیستەمدا.
Gordon Fraser (ed.), The Particle Century , Institute of Physics 1998
٥.براوەی خەڵات بەهۆی پێشکەشکردنی بەرزەڕێسمان لە تیۆرییە نوێیەکانی فیزیای تەنۆلکەدا.
Brian Greene, The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensionsand the Quest for the Ultimate Theory, Jonathan Cape, 1999
٦. پێشەکییەک سەبارەت بە فیزیای تەنۆلکە و تیۆریی کوانتەم.
Tony Hey and Patrick Walters, The Quantum Universe, Cambridge University Press, 1987
٧. ژیاننامەی موری گێلمان باوکی کوارکەکان.
George Johnson, Strange Beauty: Murray Gell-Mann and the Revolution in Twentieth-century Physics ,Jonathan Cape, 2000
٨. پێشەکییەک سەبارەت بەفیزیای تەنۆلکە و ناونیشانەکانیان.

Gordon Kane, The Particle Garden: Our Universe as Understood by
Particle Physicists , Perseus Books, 1996

٩.کورتەیەک لە ژیاننامەی براوەکانی خەڵاتی نۆبڵی فیزیا لە ١٩٠١وە بۆ ١٩٧٩

Robert Weber, Pioneers of Science,Institute of Physics, 1980

١٠. سێ خولەکی یەکەمی تەقینەوە مەزنەکە بەزمانێکی ناتەکنیکی ورد لەلایەن تیۆریسازێکی پێشڕەوەوە شرۆڤەکراوە.

Steven Weinberg, The First Three Minutes, Andre Deutsch, 1977; Basic
Books, 1993

١١.تێڕوانینێکی کلاسیکی سەبارەت بە ئایدیا نوێیەکان لە فیزیای تیۆریی تەنۆلکە.

Steven Weinberg, Dreams of a Final Theory , Pantheon Books, 1992 Vintage, 1993

١٢.پێشەکییەکی تەکنیکی بە وردەکارییەوە کە گونجاوە بۆ خوێندکارانی زانکۆ لە بەشی فیزیا.

W. S. C. Williams, Nuclear and Particle Physics, revised edn, Oxford
University Press, 1994

چەمکناسی

تەنۆلکەی ئەلْفا(alpha particle): دوو پرۆتۆن و دوو نیوترۆن کە بە سفتوسۆڵی پێکەوە گرێدراون؛ کاتێک گۆڕینی ناوکیی ڕوودەدا دەردەچن؛ ناوکی ئەتۆمێکی هیلیۆم.

تەوژم بەگۆشە(angular momentum): سیفەتێکی جووڵە بە خولەکان، کە بەراورد دەکرێت بە چەمکی زۆرتر ئاشنای تەوژم(Momentum) لە جووڵەی بەهێڵدا.

دژەمادە(Antimatter): بۆ هەر جۆرێک لە تەنۆلکە دژەتەنۆلکەیەک هەیە، کە سیفەتەکانی دژە، بۆنموونە بارگەکەی. کاتێک تەنۆلکە و دژەتەنۆلکە دەگەن بەیەکتر بەجووت یەکتری دەسڕنەوە و دەبن بە وزە.

دژە(تەنۆلکە) (anti(particle): ڤێرژەنێکی دژەمادەی تەنۆلکە، بۆ نمونە دژەکوارک، دژەپرۆتۆن.

ئەتۆم(atom-گەرد): سیستەمێک لە ئەلیکترۆنەکان کە بەدەوری ناوکدا دەسوڕێنەوە؛ بچووکترین پارچەی توخم(element)یک، کە هێشتا بەو توخمە دەناسرێتەوە.

بی(B): سیمبوڵ(هێمای) مێزۆنی بن(bottom meson).

کارگەی B: تاودەرێک کە دیزایین کراوە بۆ بەرهەمهێنانی ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی هەڵگری کوارکەکانی بن یان دژەکوارکەکانە.

باریۆن(Baryon): پۆلێک هادرۆن(Hadron) کە پێکهاتوون لە ٣ کوارک.

هەڵوەشانەوەی بێتا (beta decay (beta radioactivity): گۆڕانی تەنۆلکەیی یان ناوکی دەکری بەهۆی هێزی ناوکی لاواز(weak force) ڕوودەدات؛ لە ئەنجامدا نیوترینۆیێک و ئەلیکترۆنێک یان پۆزیترۆنێک دەردەچن.

بۆزۆن(Boson): ناوێکی گشتی بۆ بۆ ئەو تەنۆلکانەی بڕی سپین(spin-بادراوی)ەکەیان ژمارەی دروستە، کە بە یەکەی نەگۆڕی پلانک دەپێورێت؛ بۆ نموونە هەڵگرەکانی هێز، وەکو فۆتۆن، گلوئۆن، بۆزۆنەکانی W و Z و بۆزۆنی (پێشبینیکراو) بێ سپینی هیگز.

بن(یەتـــی(botton(ness)): ســـیفەتێکی هادرۆنەکـــان کە هەڵگری کوارک یان دژە کوارکەکانی بنن.

کوارکی بن(bottom quark): قورسترین نموونەی کوارک بە بارگەی -⅓ وە.

ژووری بلق(bubble Chamber): هەستەوەرێکی تەنۆلکە کە ئێستا ئیتر بەکارناهێنرێت، ڕێچکەی فڕینی تەنۆلکەکان کە بـــارگەی کارەبابییـــان هەیە، بەڕێـــگەی ڕێچکەگەلێـــک لە بڵـــق دەردەخات.

سـێڕن(CERN):ناوەنـدی ئەوروپـی بـۆ فیزیـای تەنـۆلکە، فیزیا، ژنێڤ، سویسرا

کوارکی ئەفسون(charm quark): کوارک بە بارگەی +⅔ وە؛ ڤێرژەنـی قورسـتری کـوارکی سـەر(up) بەڵام سـوکترە لە کوارکی ترۆپک(top).

پێکدادەر(collider): تاودەری تەنۆلکە کە لەودا گورزەکانی تەنـۆلکە لە ئاڕاسـتەی دژدا دەجـوولێن و بەشـێوەی ڕووبەڕوو بەیەکدا دەکێشرێن.

ڕەنـگ(Colour): نـاوێکی نـامۆ کە دراوە بە کوارکەکـان و سەرچاوەی هێزی بەتینە لە تیۆریی QCDدا.

پاراســـتن(Conservation): ئەگەر بـــڕی هەنــــدێک تایبەتمەنـدی لەکاردانەوەیەکـدا نەگۆڕێـت، دەگـوترێ ئەو بـڕە پارێزراوە.

تیشـــکە گەردوونییەکـــان(Cosmic rays): تەنـــۆلکە پرۆزەکان و ناوکەئەتۆمییەکان کە لە فەزای دەرەوە دێن.

سـایکلۆترۆن(cyclotron): فۆرمێکی سـەرەتایی تـاودەری تەنۆلکە.

کـوارکی خـوار(down quark): سـوکترین کـوارک بە بارگەی ⅓- وە: پێکهاتەی پرۆتۆن و نیوترۆنەکان.

هێـزی کارۆموگناتیســی(electromagnetic force): هێزێکی بنچینەییە کە بەرپێگەی هێزی نێوان بارگە کارەباییەکان و هێزی موگناتیسی کار دەکات.

ئەلیکتــرۆن(electron): ســوکترین بــارگەی کارەبــایی پێکهێنەری ئەتۆم.

هێزی کارۆلاواز (electroweak force) : تیۆرییەک بۆ یەکانگیرکردنی هێزی کارۆموگناتیسی و هێزی لاواز.

ئەلیکتــرۆن ڤۆڵــت(eV): یەکەی وزە؛ بــڕەی وزەیەک کە ئەلیکترۆنێـک دەســتی دەکەوێـت کاتێـک بە یەک ڤۆڵـت تــاو دەدرێت.

یەکەکانی وزە و بارستایی($E = mc^2$): بەشێوەی تەکنیکی یەکەی MeV و GeV بـۆ پێـوانی وزەی وەســتاو(rest energy)، واتە ($E = mc^2$) ی تەنـۆلکەیەک بەکاردێـت، بەڵام زۆرجــار بەشـێوەی بــاو بەســادەیی بــۆ بارســتایی(mass) بەکاردەهێنرێت و بارستایی بە MeV و GeV دەردەبڕدرێت.

فێرمیۆن(fermion): ناوێکی گشتی بۆ ئەو تەنۆلکانەی بڕی سـپینەکەیان ژمـارەی دروسـت دابەشـی دووە کەرەتـی یەکەی نەگۆڕی پلانک. بۆ نموونە کوارکەکان و لیپتۆنەکان.

تام(flavour): ناوێکی گشتی بۆ جیاکردنەوەی جۆرەکانی کـوارک (ســەر، خــوار، ئەفســون، ســەمەرە، بــن، ترۆپــک) و

لیپتۆنەکان (ئەلیکترۆن، موئون، تاو، نیوترینۆکان)، بەمشێوە دەبینین تام هەڵگری بارگەی کارەبایی و بارستاییە.

تیشکی گاما(gamma ray): فۆتۆن؛ تیشکدانەوەی وزەبەرزی کارۆمۆگناتیسیی.

وەچە(generation): کوارکەکان و لیپتۆنەکان لە سێ وەچەدان. یەکەم وەچە بریتییە لە کوارکەکانی سەر و خوار و ئەلیکترۆن و نیوترینۆ. دووەم وەچە بریتییە لە کوارکەکانی ئەفسۆن و سەمەرە و موئۆن و نیوترینۆیەکی تر، سێهەمیش بریتییە لە کوارکەکانی بن و ترۆپک، تاو، و جۆری نیوترینۆی سێهەم. بڕوامان وایە وەچەی تر نییە.

گیگا ئەلیکترۆن ڤۆڵت(GeV): یەکەی وزە کە یەکسانە بە یەک هەزار میلیۆن ئەلیکترۆن ڤۆڵت(.) $eV10^9$

گلوئۆن(gluon): تەنۆلکە بێبارستاییەکان کە کوارکەکان پێکەوە ڕادەگرن و هادرۆن دروست دەکەن و هەڵگری هێزەکانی QCDین.

هادرۆن(Hadron): تەنۆلکەی دروستبوو لە کوارک /یان دژەکوارکەکان کە هەست بەهێزی بەتین دەکەن.

بۆزنی هیگز(Higgs boson):تەنۆلکە قورسەکان کە پێشبینی دەکرێت سەرچاوەی بارستایی بۆ تەنۆلکەکانی وەکو ئەلیکترۆن، کوارکەکان، و بۆزنەکانی W و Z بێت.

ئایۆن(ion): ئەتۆمەکان کە هەڵگری بارگەی کارەبایین، بەهۆی ئەوەی ئەلیکترۆن لەدەست دەدەن (ئایۆنی پۆزەتیڤ)، یان ئەلیکترۆنی زیادە بەدەستدەهێنن (ئایۆنی نێگەتیڤ).

کائۆن(K): جۆرێک مێزۆنی سەمەرە.

کیلۆ ئەلیکترۆن ڤۆڵت(keV): هەزار eV.

جووڵە وزە(kinetic energy): وزەی تەنی بەجووڵە.

ئێڵ ئی پی(LEP): پێکدادەری گەورەی پۆزیترۆن لە سێرن.

لێپتۆن(Lepton): تەنۆلکەگەلی وەکو ئەلیکترۆن و نیوترینۆ کە هەست بە هێزی بەتین ناکەن و سپینەکەیان ۱/۲ە.

ئێل ئێچ سی(LHC): پێکدادەری گەورەی هادرۆنی؛ تاودەردە لە سێرن.

لیناک(linac): کورتکراوەی تاودەری هێڵەکی(linear accelerator).

ماکهۆ(MACHO): کورتکراوەی تەنە خەرمانەدارە چڕە قورسەکان.

زەبری موگناتیسی(magnetic moment): بڕێک بۆ وەسفی کاردانەوەی تەنۆلکە بە بوونی بواری موگناتیسی.

بارستایی(mass):بارنەگۆڕی(inertia) تەنۆلکەیەک یان تەنێک و پێوەری بەرگری تاودان؛ سەرنجبدەن کێشی تۆ هێزێکە کە کێشکردن دەیخاتە سەر بارستاییەکەت، هەر بۆیە تۆ هەمان بارستاییت هەیە، کاتێک لەسەر زەویت، یان مانگ یان فەزا، تەنانەت ئەگەر لەوێ بێکێشیش بیت.

مێزۆن(meson): بۆلێک لە هادرۆنەکان؛ پێکهاتووە لە کوارکێکی تەنها و دژکوارکێک.

مێگا ئەلیکترۆن ڤۆڵت(MeV): یەک ملیۆن eV.

میڤ(meV): یەک میلیۆنمی eV.

مۆلکیول (گەرد-Molecule): هێشوویەک لە ئەتۆم.

مایکرۆچرکە(microsecond): یەک لە سەر میلیۆن چرکە.

موئون(muon): ڤێرژنی قورستری ئەلیکترۆن.

نانۆچرکە(nanosecond): یەک ملیاردمی چرکە.

نیوترینۆ(neutrino): تەنۆلکەی بێبارگە؛ ئەندامێکی خێزانی لیپتۆن؛ تەنها هەست بەهێزی لاواز و کێشکردن دەکات.

نیوترۆن (neutron): هاوبەشی بێبارگەی پرۆتۆن لەناو ناوکی ئەتۆم کە یارمەتی هاوسەنگی ناوک دەدا.

پاریتی(parity): کرداری ئاوێنەیی لێکۆڵینەوە لە سیستەمێک یان زنجیرەیەک ڕووداو.

پیکۆچرکە(picosecond): یەک ملیۆنم ملیۆنمی چرکە.

فۆتۆن(photon): تەنۆلکەی بێ بارسایی کە هەڵگری هێزی کارۆموگناتیسییە.

پایۆن(pion): سوکترین نموونەی مێزۆنەکان؛ پێکهاتووە لە کوارک بەتامی سەر یان خوار و دژەکەی.

نەگۆڕی پلانک(Planck constant-h):برێکی زۆر بچووک کە کرداری گەردوون لە مەودای نزیک بە قەبارەی ئەتۆم یان بچووکتر کۆنترۆڵ دەکات. ئەو ڕاستییەی سفر نییە لە کۆتاییدا دەگات بەم ئەنجامانە: ئەوەی بۆچی قەبارەی ئەتۆم سفر نییە، ئەوەی ئێمە ناتوانین بەشێوەی هاوکات خێرایی و شوێنی تەنۆلکەیەکی ئەتۆمی بە وردی زۆرباشەوە بزانین و بۆچی جیهانی کوانتەم بە بەراورد بە جیهانی ئەزموونەکانمان، واتە جیهان بەگەورەیی سەیرە. نرخی سپینی تەنۆلکەیەکیش گرێدراوە بە h وە (بەشێوەی تەکنیکی یەکەکان یان نیوەی یەکەکان کەرتی h و دابەشی 2π).

پۆزیترۆن(positron): دژەتەنۆلکەی ئەلیکترۆن.

پرۆتۆن(proton): پێکهێنەری بارگاویی ناوکی ئەتۆمی.

کرۆمۆداینامیکی کوانتەمی(QCD): تیۆریی هێزی بەتین کە کاردەکاتە سەر کوارکەکان.

کارۆداینامیکی کوانتەمی(QED): تیۆریی هێزی کارۆموگناتیسیی.

کوارکەکان(quarks): تۆوی پرۆتۆن و نیوترۆن و هادرۆنەکان.

ڕادیۆئاکتیڤیتی(Radioactivity): سەیری هەڵوەشانەوەی بیتا(beta) بکە.

سلاک(SLAC): ناوەندی تاودەری بەهێڵی ستانفۆرد، کالیفۆڕنیا، ئەمریکا

سنۆ (SNO): ڕوانگەی نیوترینۆیی سولبوری؛ تاقیگەیەکی ژێرعەرزی لەسولبوری، ئۆنتاریۆ، کەنەدا.

ژووری چەخماخە (spark chamber):ئامێرێک بۆ دەرخستنی ڕێچکەی تەنۆلکە بارگاوییەکان.

سپین(بادراوی)(spin): پێوەری جووڵەی بەخول، یان تەوژم بەگۆشەی زاتیی تەنۆلکەیەک، بەپێی ژمارەیەک کەرەتی نەگۆڕی پلانک دەپێورێت.

تەنۆلکەی سەمەرە(Strange particle): تەنۆلکەکان کە هەڵگری یەک یان زیاتر کوارکی سەمەرەن.

کوارکی سەمەرە(strange quark): کوارک بە بارگەی – ⅓ وە، کە زۆر قورسترە لە کوارکی خوار بەڵام سوکترە لە کوارکی بن.

سەمەرەکی (strangeness): ئەو سیفەتەی هەموو ئەو مادانە هەیانە کە هەڵگری کوارک یان دژەکوارکی سەمەرەن.

هێزی بەتین(Strong force): هێزی بنچینەیی، بەرپرسە لەوەی کوارکەکان و دژەکوارکەکان پێکەوە بنوسێن و هادرۆنەکان دروست بکەن، هەروەها پرۆتۆن ونیوترۆنەکان لەناو ناوکدا پێکەوە دەبەستێتەوە.

بەرزەکامیۆکەندی(Superkamiokande): هەستەوەرێکی ژێرعەرزیی نیوترینۆ و تەنۆلکەکانی تری تیشکی گەردوونی لە ژاپۆن.

بەرزەهاوجێی(Supersymmetry-SUSY):تیۆرییەک کە فێرمیون و بۆزۆنەکان یەک دەخات؛ لێرەدا هەر تەنۆلکەیەکی ناسراو لفێکی هەیە کە سپینەکە بەڕادەی نیوە لەگەڵی جیاوازە و هێشتا نەدۆزراونەتەوە.

هاوجێی(Symmetry): ئەگەر تیۆرییەک یان پرۆسەیەک کاتێک کردارێکی تایبەتی لەسەر دەکرێت نەگۆڕێت، ئەوکات دەگوترێت بۆ ئەو کردارە هاوجێیە. بۆ نموونە، بازنەیەک، بەهۆی سوڕانەی یان دانەوەی ئاوێنەیی گۆڕانی بەسەردانایەت، کە دەگوترێ بەشێوەی خولەکی(rotational) و دانەوەیی(reflection) هاوجێیە.

سینکرۆترۆن(Synchrotron): تاودەرە بازنەییە نوێیەکان.

تاو(tau): ڤێرژەنی قورستری موئۆن و ئەلیکترۆن.

کوارکی ترۆپک(top quark): قورسترین کوارک کە بارگەکەی +٢/٣ە.

تیۆریی یەکانگیر(unified theory): هەوڵدان بۆ یەکخستنی تیۆرییەکانی هێزی بەتین، کارۆموگناتیسی و هێزی لاواز و لە کۆتایدا هێزی کێشکردن.

کوارکی سەر(up quark): کوارک بە بارگەی کارەبایی +⅔ وە؛ پێکهێنەری پرۆتۆن و نیوترۆن.

هێزی لاواز(weak force): هێزی بنچینەیی، کە بەرپرسە لە هەڵوەشانەوە بێتا و بەهۆی بۆزۆنەکانی W و Zوە دەگوازرێتەوە.

بـــۆزۆنی دەبلیـــو(W boson): تەنـــۆلکە قورســـە بارگەدارەکـــانن و هەڵگـــری فـــۆرمێکی هێـــزی لاوازن؛ دەستەخوشکی بۆزۆنی Z ن.

ویمپ(WIMP): کورتکراوەی تەنۆلکەی قورسـی بەشـێوەی لاواز کارلێککەر.

بۆزۆنی زێد(Z boson): تەنـۆلکەی بێبـارگەی قـورس کە هەڵگری فـۆرمێکی هێـزی لاوازە؛ دەستەخوشـکی بۆزۆنەکـانی Wە.

یۆنانییە کۆنەکان بڕوایان وابوو کە هەموو شتێک لە توخمە سەرەتاییەکان دروستبووە. ئایدیاکە لە بنچینەدا ڕاست بوو، ئەوەی هەڵە بوو وردەکاریی بوو. "خاک، هەوا، ئاگر و ئاو"ەکەیان لەو شتە دروستبووە کە ئێستا ئێمە بە توخمە کیمیاییەکان دەیانناسین. ئاوی پەتی لە دووان دروستبووە: هایدرۆجین و ئۆکسیجین. بەشی هەرە زۆری هەوا لە نیترۆجین و ئۆکسیجین لەگەڵ تۆزێک کاربۆن و ئارگۆن پێکهاتووە. خۆڵی تویی زەویی هەڵگری زۆرترینی ٩٠ توخمە سروشتییەکانی ئێستایە، پێش هەمووان ئۆکسیجین و سیلیکۆن و ئاسنی تێکەڵ بوو لەگەڵ کاربۆن، فۆسفۆر و ژمارەیەکی تر کە تۆ لەوانەیە هەرگیز ناویشت نەبیستبێت، وەکو روسینیۆم(ruthenium)، هۆلمیوم(holmium) و رۆدیوم(rhodium). فراوانی توخمەکان بە بەرفراوانی دەگۆڕێن و ڕێسایەکی بەنزیکەییان هەیە، ئەوانەی بیری لێ دەنەکەوە لەناو باوترینەکاندان، لە کاتێکدا ئەوانەی کە قەت ناوت نەبیستووە دەگمەنترینەکانن.



دەزگای ڕۆشنبیریی جەمال عیرفان

لەسەر ئەرکی (د. تەها ڕەسووڵ) چاپکراوە

2021